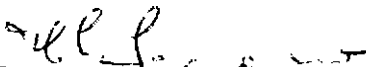


UTILIZAÇÃO DO AUTOCAD COMO PRÉ-PROCESSADOR GRÁFICO DE  
• SISTEMAS DE ANÁLISE DE ESTRUTURAS

*Romir Soares de Souza Filho*

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS  
PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS  
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS  
EM ENGENHARIA CIVIL.

Aprovada por:



---

Prof. Humberto Lima Soriano, D.Sc.

( Presidente )



---

Prof. Paulo Mario Bianchi França, PhD



---

Prof. Ibrahim Abd El Malik Shehata, PhD



---

Prof. Silvio de Souza Lima, M.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

JULHO DE 1992

Aos meus pais,

Romir e Maria Bárbara

## AGRADECIMENTOS

Ao professor Humberto Lima Soriano pelo apoio ao longo deste trabalho.

Ao professor Silvio de Souza Lima pela orientação e principalmente pelo incentivo, acreditando sempre no êxito deste trabalho.

A Zacarias Chamberlain, pelo apoio e amizade.

Aos amigos Mauricio Weiss de Paula e Marcelo Miana Soares.

Aos amigos Fernando e Marta Lorena Benalcazar, acreditando sempre na realização de nossos ideais.

Aos colegas de faculdade em Juiz de Fora e especialmente aos amigos César Crisafulli, Nilzete, Manoel, Atilano e Antonio Elias Hallack.

A todos os colegas, professores e funcionários do Programa de Engenharia Civil da COPPE pelo convívio saudável e especialmente aos amigos Renan, Walcir, Paulo, José Geraldo, Diana, Glauber e Alexis.

SOUZA FILHO, ROMIR SOARES DE

Utilização do AutoCAD como pré-processador gráfico de sistemas de análise estrutural.

1992

VI, 123 p. 29,7 cm ( COPPE/UFRJ, M.Sc., Engenharia Civil, 1992 )

Tese - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE

1. Pré-processador gráfico

2. Sistema SALT

3. AutoCAD

I. COPPE/UFRJ

II. Título (série)

Marcas registradas usadas neste trabalho:

AutoCAD e AutoLISP são marcas registradas da AUTODESK, INC.

MS-DOS é marca registrada da MICROSOFT CORP.

IBM, IBM PC, IBM PC/AT, IBM PC/XT, e PC-DOS são marcas registradas da IBM - INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES.

MSALT, SALT, SALTPLOT, EDTSALT, AUTOSALT, SSALT, LISTSALT, SALTE, SALTM, SALTR são marcas registradas da UFRJ - UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO.

Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.).

UTILIZAÇÃO DO AUTOCAD COMO PRÉ-PROCESSADOR GRÁFICO DE  
SISTEMAS DE ANÁLISE DE ESTRUTURAS

*Romir Soares de Souza Filho*

Julho de 1992

Orientador: Humberto Lima Soriano

Programa : Engenharia Civil

O rápido avanço da computação vem proporcionando o desenvolvimento de sistemas de análise de estruturas com recursos que permitem a análise de modelos cada vez mais complexos. Os recursos gráficos que um determinado sistema dispõe é um dos principais fatores para qualificá-lo, porém o desenvolvimento de programas gráficos específicos requer muito investimento de tempo e esforço. Uma solução mais rápida e eficiente, além de menor custo, é a utilização de pacotes gráficos gerais, adaptados para servir de pré-processador e/ou pós-processador gráfico. Desta forma o tempo economizado pode ser melhor aproveitado no desenvolvimento e aperfeiçoamento do sistema de análise de estruturas propriamente dito.

Assim, optou-se pelo AutoCAD, sendo desenvolvidas as interfaces para seu uso como pré-processador do Sistema SALT.

Neste trabalho, mostramos como o AutoCAD pode ser utilizado para trabalhar acoplado a outros programas, destacamos a importância dos arquivos neutros intercambiáveis e apresentamos o AutoSALT, que é um pré-processador gráfico compatível com o Sistema SALT.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as partial fulfillment of the requirement for the degree of Master of Science (M.Sc.)

USING OF THE AUTOCAD AS GRAPHIC PRE-PROCESSOR FOR  
STRUCTURAL ANALYSIS SYSTEMS

*Romir Soares de Souza Filho*

July, 1992

Thesis Supervisor: Humberto Lima Soriano.

Department: Civil Engineering.

The fast advance in computer technology (both in hardware and software) has facilitated the development of structural analysis systems that are able to analyse more complex models. The graphic capabilities of a system is one of the most important factors to qualify it, however the development of a specific graphic program need expensive investments and a time consuming. A quick and efficient procedure, with low costs, is the use of general graphic systems, adapted to be a pre-processor and/or post-processor. So, the time saved can be better used on the development and improvement of the structural analysis system.



Therefore, it was decided to use AutoCAD to develop a graphic interface to be used as pre-processor of the SALT System.

In this work, it is shown how the AutoCAD can be linked to other programs. It is pointed out the importance of neutral exchanged files and presented the AutoSALT, which is the developed graphic pre-processor for the SALT System.

## ÍNDICE

<b>CAPÍTULO I</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
I.1 -	Considerações Iniciais	1
<b>CAPÍTULO II</b>	<b>SISTEMA GRÁFICO AUTOCAD</b>	<b>5</b>
II.1 -	Descrição Geral	5
II.2 -	Principais Comandos	6
II.3 -	Recursos possíveis	12
<b>CAPÍTULO III</b>	<b>UTILIZAÇÃO DE ARQUIVOS NEUTROS</b>	<b>14</b>
III.1 -	Considerações gerais	14
III.2 -	Formato IGES	16
III.3 -	Formato DXF	20
III.4 -	Interpretador de arquivo neutro	26
<b>CAPÍTULO IV</b>	<b>PROGRAMAÇÃO NO AUTOCAD</b>	<b>28</b>
IV.1 -	Versões personalizadas do AUTOCAD	28
IV.2 -	Arquivo ACAD.PGP	30
IV.3 -	Arquivo ACAD.HLP	32
IV.4 -	Arquivos de extensão .MNU	34
IV.5 -	Arquivos SCRIPT	36
<b>CAPÍTULO V</b>	<b>PRÉ-PROCESSADOR AUTOSALT</b>	<b>37</b>
V.1 -	Características gerais	37
V.2 -	Organização das informações	38
V.3 -	Definição de Nó-K	44
V.4 -	Exemplos	47

CAPÍTULO VI	CONCLUSÕES E SUGESTÕES	50
APÊNDICE A	LINGUAGEM AUTOLISP	52
APÊNDICE B	MANUAL DO AUTOSALT	72
REFERÊNCIAS	BIBLIOGRÁFICAS	121

## CAPÍTULO I

### INTRODUÇÃO

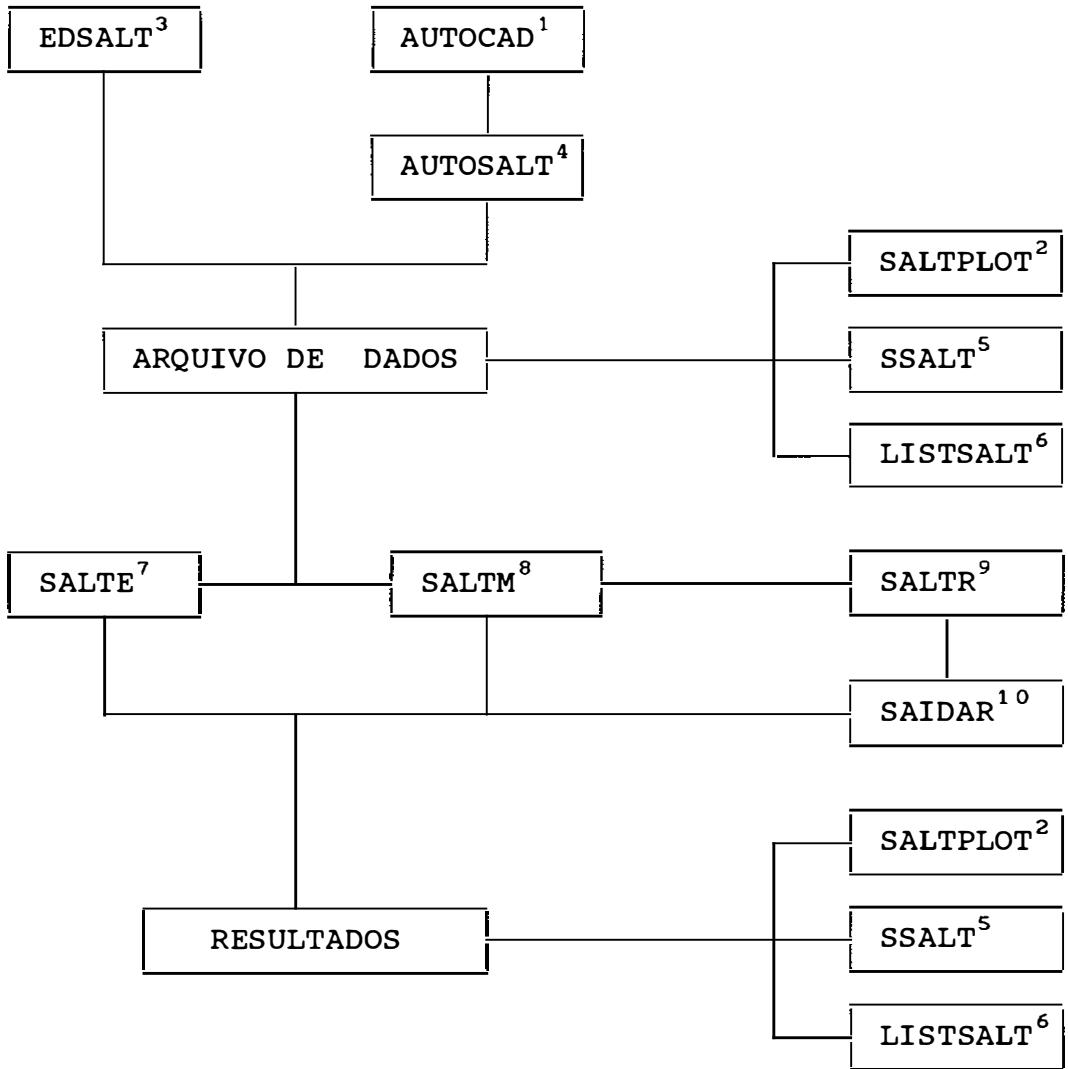
#### I.1) CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Este trabalho objetiva mostrar o desenvolvimento de pré-processador gráfico para sistemas de análise estrutural. No caso, escolheu-se para efeito de exemplificação o Sistema SALT (Sistema de Análise de Estruturas).

O Sistema SALT é um sistema de características gerais para análise estática e dinâmica de modelos estruturais pelo método dos elementos finitos em fase avançada de desenvolvimento na UFRJ em um trabalho de interação entre o Programa de Engenharia Civil da COPPE e o Departamento de Mecânica Técnica da Escola de Engenharia. A figura I.1 apresenta uma idéia geral da estruturação do Sistema SALT acoplado ao presente pré-processador gráfico.

Sua utilização requer um microcomputador do tipo IBM PC/XT ou IBM PC/AT, ou compatíveis, com um mínimo de 640 Kbytes de memória RAM e equipado com disco rígido.

Da forma em que está estruturado o sistema, os limites do modelo estrutural (número máximo de nós, elementos, etc.), a ser analisado pelo SALT são muito amplos, sendo, em termos práticos, o fator limitante de sua capacidade a quantidade de memória auxiliar disponível.



- 1 - Sistema gráfico, marca registrada da AutoDESK, Inc;
- 2 - Módulo para saída gráfica em unidade plotadora;
- 3 - Editor de texto para geração "manual" de modelos;
- 4 - Gerador gráfico de modelos via AutoCAD;
- 5 - Módulo gráfico para visualização na tela dos modelos;
- 6 - Módulo para impressão de relatórios;
- 7 - Módulo para análise estática linear;
- 8 - Módulo para cálculo de frequências e modos naturais de vibração;
- 9 - Módulo de determinação de respostas dinâmicas por superposição modal com correção estática dos modos superiores;
- 10 - Módulo de preparo das saídas do SALTR;

**FIGURA I.1 - Estruturação do Sistema SALT**

O arquivo de dados do modelo estrutural pode ser gerado "manualmente", através de um editor de textos, ou "graficamente", através de um editor de desenhos (Módulo AutoSALT). A geração de arquivos de dados através de um editor de desenhos, pré-processamento, é o objetivo deste trabalho.

Para a realização deste trabalho, na escolha do pacote gráfico, dentre as alternativas existentes, o AutoCAD mostrou-se como o mais indicado. Esta escolha deveu-se a fatores como ser o AutoCAD largamente difundido no meio técnico, apresentar facilidades na construção de objetos tridimensionais e permitir programação (criação de novos comandos, menus, etc.), através da linguagem AutoLISP.

Apesar de ser possível a utilização do AutoCAD como pré-processador e pós-processador gráfico, optou-se por utilizá-lo apenas como ferramenta de pré-processamento. Isto devido ao fato de que o desenvolvimento de um editor gráfico ser a dificuldade maior. Este editor é o conjunto de programas que permite editoração (geração, modificação, etc.) de entidades gráficas (linhas, arcos, superfícies, etc.). No caso do Sistema SALT, para o pós-processamento optou-se pelo desenvolvimento de programas próprios de forma a personalizar as saídas gráficas do sistema.

No capítulo II, tem-se uma apresentação geral das características do sistema gráfico AutoCAD, seus principais comandos e uma abordagem dos recursos disponíveis.

A utilização do AutoCAD por outros Sistemas somente é possível por ele gerar arquivos de comunicação, ditos arquivos neutros. No capítulo III são apresentados os principais formatos de arquivos neutros e as convenções utilizadas para a tradução DESENHO → MODELO ESTRUTURAL.

Para que um desenho de um determinado modelo estrutural possa ser rapidamente editado, tornou-se oportuno criar uma versão personalizada do AutoCAD. O capítulo IV descreve como isto pode ser feito.

No capítulo V, tem-se a apresentação do AutoSALT, suas características e exemplos de modelos gerados graficamente via AutoCAD.

Como apêndice, é apresentado um resumo com os principais comandos da linguagem AutoLISP, de grande importância na personalização do AutoCAD, e o Manual de Utilização do AutoSALT.

## CAPITULO II

## SISTEMA GRÁFICO AUTOCAD

## II.1) DESCRIÇÃO GERAL

O AutoCAD é hoje, o sistema gráfico mais utilizado no mundo, sendo considerado inclusive como um padrão de CAD (*Computer Aided Design*).

Um editor gráfico é um *software* que permite que desenhos sejam criados, modificados e impressos , pelo usuário. O que difere um sistema gráfico de outro são os recursos oferecidos para facilitar a interação do usuário com o computador, tais como : construção de desenhos tanto no plano como no espaço, recursos de visualização dos desenhos tridimensionais, possibilidade de adaptabilidade às necessidades do usuário (personalização), comunicação com outros *softwares*, adaptabilidade aos mais diversos equipamentos, etc.

O AutoCAD atende de forma eficiente a todos os itens apresentados anteriormente. Deve-se destacar que somente por possuir arquivos de comunicação com outros *softwares* é que este trabalho de Utilização do AutoCAD como Pré-Processador Gráfico de Sistemas de Análise Estrutural, foi possível.

A versão do AutoCAD escolhida para ser utilizada neste trabalho foi o AutoCAD - Versão 10 . Isto por ser esta a versão mais nova disponível no Brasil no início deste trabalho. Como é característica do AutoCAD que uma nova versão mantenha os recursos das versões anteriores,



acredita-se que o AutoSALT possa ser utilizado também com qualquer versão posterior ao AutoCAD - Versão 10 .

Este capítulo destina-se a dar uma visão global do AutoCAD, descrevendo os principais comandos e os recursos disponíveis, mas não pretendendo ser um manual de utilização. Para informações completas referente à utilização dos comandos, recomenda-se a leitura do *AutoCAD Reference Manual - Release 10*.

## II.2) PRINCIPAIS COMANDOS:

O AutoCAD , através do módulo gerenciador AutoSALT, é carregado automaticamente, com uma versão personalizada, onde novos comandos são acrescentados, e outros inibidos. Os novos comandos criados são descritos no Apêndice B , sendo objetivo deste ítem apresentar uma breve descrição somente dos comandos originais do AutoCAD que serão necessários na construção dos desenhos que representarão os modelos estruturais.

### a) COMANDOS DE AUXILIO:

**GRID :** A grade é uma representação de papel quadriculado na tela do editor de desenhos, para auxiliar o usuário quanto ao tamanho do desenho. A distância entre dois pontos do gride é definida pelo usuário, sendo o valor *default* igual a 1 unidade de desenho. A grade é apenas uma representação na tela, portanto não é impresso. O comando GRID pode também ser ativado/desativado através da tecla de função F7 .

**SNAP** : Este comando serve para definir que a movimentação do cursor na tela vai ser incremental. O valor do incremento pode ser qualquer. Definindo o incremento igual ao espaçamento do gride, o cursor irá se movimentar somente sobre os pontos do gride. O comando SNAP pode ser ativado/desativado através da tecla de função F9 .

**UNITS** : Este comando controla a unidade de trabalho desejada. Ao ser acionado, uma interação é desenvolvida com o usuário, definindo-se a unidade de comprimento (decimal, científica, polegada decimal, polegada fracionária ou decimal fracionária) e o número de casas decimais (máximo de 8), a unidade de medição de ângulos (graus decimais, graus/minutos/segundos, grados, radianos ou unidades para agrimensura), o número de casas decimais (máximo de 8), e o quadrante que contém o ângulo 0 (zero).

**OSNAP** : Este comando permite ao usuário construções geométricas com precisão. É composto de várias funções, que permitem localizar centros de círculos ou arcos, pontos finais de linhas ou arcos, ponto médio de uma linha, ponto de inserção de um bloco ou de um texto, etc..

**UCS** : Este comando permite a criação de infinitos planos de trabalho, dentro do sistema de coordenadas global do AutoCAD. Através deste comando é possível a geração de desenhos tridimensionais com muita facilidade. Isto é, sempre que uma entidade for desenhada fora do plano-xy do sistema de coordenadas global do AutoCAD, deve-se definir

um novo plano-xy , contendo esta entidade. Desta forma, a geração de desenhos tridimensionais se resume na construção de vários desenhos planos. O comando oferece vários recursos para se definir o novo plano-xy, em um sistema de coordenadas local do usuário.

**SAVE** : Este comando permite que o arquivo de desenho seja salvo, isto é, gravado em uma determinada unidade de disco. Este recurso é importante porque permite que o desenho seja resguardado durante o processo de edição.

#### **b) COMANDOS DE ENTIDADES GRÁFICAS:**

**LINE e 3DLINE** : Estes comandos permitem a geração de linhas no desenho. Uma linha pode ser definida no espaço através das coordenadas  $x,y,z$  ,sem a necessidade de se definir um novo plano-xy local. Os comandos LINE e 3DLINE são idênticos.

**CIRCLE** : Este comando permite a geração de círculos no desenho e só pode ser aplicado no plano-xy, local ou global. Portanto, na construção de desenhos tridimensionais onde é necessário a construção de um círculo fora do plano-xy global, tem-se que definir um novo plano-xy que contenha o círculo. Isto pode ser feito facilmente através do comando UCS. Um círculo pode ser construído de 5 modos distintos : centro e raio, centro e diâmetro, por 2 pontos equidistantes, por 3 pontos, ou tangente a duas entidades sendo definido o raio.

**ARC** : Este comando permite a geração de arcos no desenho e só pode ser aplicado no plano-xy, local ou global. Portanto, na construção de desenhos tridimensionais onde é necessário a construção de um arco fora do plano-xy global, tem-se que definir um novo plano-xy que contenha este arco. Isto pode ser feito facilmente, através do comando UCS. Um arco pode ser construído por vários processos distintos.

### c) COMANDOS DE VISUALIZAÇÃO

**REDRAW** : Este comando serve para redesenhar todas as entidades gráficas do desenho, limpando da tela as pequenas marcas (*blips*) deixadas pelo AutoCAD sempre que uma entidade é selecionada ou construída.

**PAN** : Este comando permite a movimentação da imagem na tela gráfica, permanecendo as entidades desenhadas em suas coordenadas originais. Muitas vezes, um desenho é maior que a tela gráfica, sendo portanto este comando bastante útil para se visualizar uma determinada parte do desenho.

**ZOOM** : Este comando permite o aumento ou diminuição da representação do desenho na tela gráfica. O comando atua como se o observador estivesse se afastando ou se aproximando do desenho. Esta alteração do tamanho do desenho é apenas visual, permanecendo as dimensões definidas na construção. O comando ZOOM oferece várias opções de visualização.

**VPOINT** : Este comando permite a visualização de um desenho tridimensional a partir de um ponto qualquer. Através deste comando é que se define a posição do observador em relação ao desenho. A posição do observador pode ser definida de dois modos distintos: digitando-se a coordenada  $x,y,z$  ou através de dois ângulos.

**d) COMANDOS DE EDIÇÃO:**

**ERASE** : Este comando permite a eliminação de uma ou mais entidades gráficas no desenho.

**MOVE** : Este comando permite a movimentação de uma ou mais entidades gráficas de uma parte do desenho para outra. Neste caso, a entidade gráfica é deslocada, ou seja, sua posição em relação ao sistema de coordenadas é alterada.

**COPY** : Este comando permite que uma ou mais entidades gráficas sejam copiadas para várias partes do desenho.

**ROTATE** : Este comando serve para alterar a orientação de uma ou mais entidades gráficas, através da rotação destas, em relação a um ponto qualquer.

**SCALE** : Este comando permite alterar a escala de uma ou mais entidades gráficas, ou seja, alterar o tamanho destas no desenho.

**MIRROR** : Este comando permite o espelhamento de uma ou mais entidades gráficas em qualquer direção, podendo-se apagar ou não as entidades originais.

**ARRAY** : Este comando permite a cópia de entidades gráficas, de forma ordenada retangular ou polar. Este é um processo bastante útil quando se deseja fazer várias cópias, com espaçamento fixo entre as entidades.

**CHANGE** : Este comando atua sobre as entidades gráficas alterando suas propriedades. Através deste comando, pode-se alterar a cor, a elevação, a espessura, a camada de trabalho (*layer*) ou o tipo de linha das entidades já desenhadas.

**LAYER** : Este comando permite definir a camada de trabalho (*layer*) ativa, ou seja, a camada em que vão estar situadas todas as entidades construídas a partir da ativação desta, bem como definir as camadas que vão estar visíveis na tela gráfica. No caso da personalização do AutoCAD a que se refere este trabalho, a camada que um determinado elemento estrutural está desenhado, representa o tipo de material deste elemento. Portanto, todos os elementos só podem ser desenhados nas camadas MAT1, MAT2, MAT3, MAT4 e MAT5, apesar de que não existam limites de ordem prática para a quantidade de camadas possíveis.

**COLOR** : Este comando serve para se definir a cor com que a entidade gráfica vai ser desenhada.

### II.3) RECURSOS POSSÍVEIS

O AutoCAD é um editor de desenho que permite que desenhos sejam construídos ou modificados, através de comandos que possibilitam uma rápida interação entre o usuário e o editor. Estes desenhos podem ser tanto no plano como no espaço.

Para os desenhos tridimensionais estão disponíveis vários comandos que facilitam a construção, bem como comandos que permitem a visualização sob diversas condições.

É possível também, a criação de uma biblioteca de desenhos. Os desenhos armazenados na biblioteca podem ser inseridos, com uma escala igual ou diferente da original, em qualquer outro desenho. Este é um recurso que economiza bastante tempo quando determinada parte de um desenho é utilizada em vários outros desenhos.

Um recurso importante é que os desenhos criados pelo AutoCAD podem ser utilizados por outros *softwares*, através dos arquivos de comunicação (Arquivos Neutros Intercambiáveis), que podem ser escritos tanto no formato DXF como no formato IGES.

Para uma melhor apresentação do desenho a ser criado, o AutoCAD possui vários tipos de linhas, hachuras e fontes de caracteres.

O AutoCAD possui *drivers* que permitem que os desenhos criados possam ser impressos nos mais variados modelos de impressoras gráficas, impressoras laser e traçadores gráficos. Possui também *drivers* que permitem que sejam utilizados como dispositivos de entrada de dados, variados

modelos de mouse, e mesas digitalizadoras, bem como suportar vários tipos de monitores. Denomina-se de *drivers* os arquivos com as características de configuração de um determinado equipamento.

Alguns dos recursos disponíveis do AutoCAD não são utilizados neste trabalho de personalização, que é voltado para a construção de desenhos que representem modelos estruturais, mas podem ser úteis a outros enfoques de personalização.



## CAPITULO III

## UTILIZAÇÃO DE ARQUIVOS NEUTROS INTERCAMBISVEIS

## III.1) INTRODUÇÃO

Os arquivos intercambiáveis são arquivos com informações sobre os desenhos aos quais se referem, e que servem para a comunicação entre diferentes sistemas gráficos. Desta forma, num desenho originalmente feito por um determinado pacote gráfico pode ser lido, interpretado e representado por outro pacote.

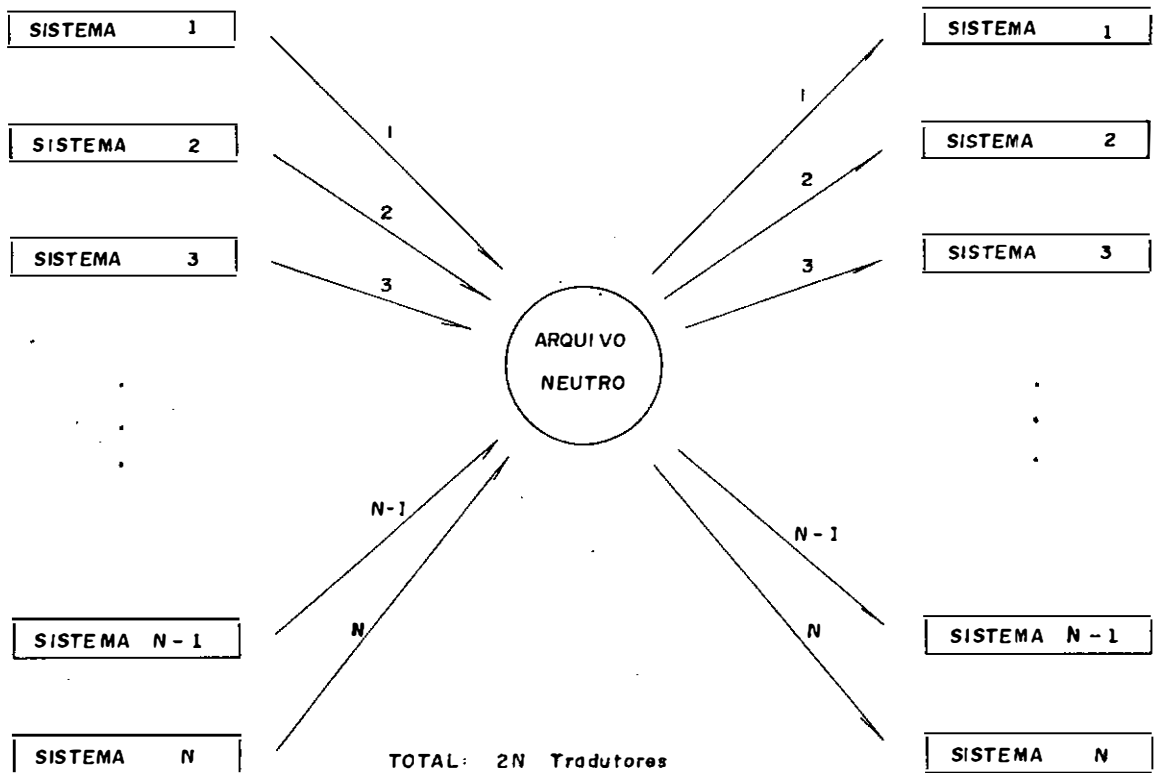
Outro fator de grande importância dos arquivos neutros está no fato de que eles permitem uma padronização na computação gráfica, objeto hoje de grande preocupação de órgãos e entidades ligadas a esta área.

Ao utilizarem-se arquivos neutros como meio de comunicação entre sistemas, permite-se que  $N$  sistemas se comuniquem através de  $2N$  tradutores ( $N$  geradores e  $N$  interpretadores). Não se utilizando arquivos neutros, necessitam-se de  $N(N-1)$  tradutores para comunicação entre os mesmos  $N$  sistemas. As figuras III.1a e III.1b representam estas considerações.

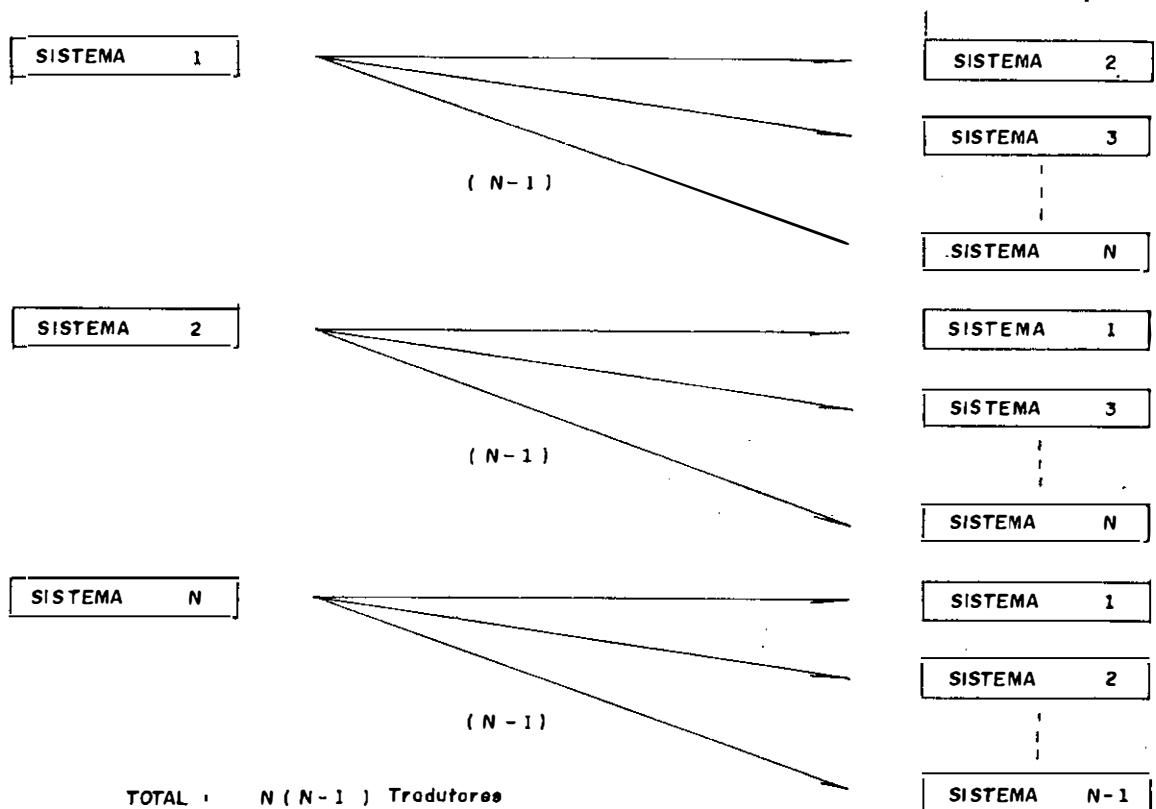
Os principais formatos para os arquivos neutros intercambiáveis, gerados pelo AutoCAD, são:

IGES - Initial Graphics Exchange Specification

DXF - Drawing Interchange Files



(a) COMUNICAÇÃO ATRAVES DE ARQUIVOS NEUTROS



(b) COMUNICAÇÃO SEM ARQUIVOS NEUTROS

FIGURA III.1 - Comunicação de Sistemas Gráficos

Todo o desenvolvimento deste trabalho, Utilização do AutoCAD como pré-processador gráfico de sistemas de análise estrutural, está baseado na capacidade do AutoCAD de gerar arquivos em formato neutro para comunicação.

### III.2) FORMATO IGES

O padrão IGES foi publicado em 1980, tendo como objetivo o transporte de dados gráficos de um sistema para outro, normalizando os formatos de codificação de informações gráficas.

Com o padrão IGES, não só é possível o armazenamento de desenhos, como também a transmissão e a recepção de dados remotos.

Um arquivo neutro em formato IGES pode ser escrito em caracteres ASCII e, a partir da versão 2.0 (de 1982) também é possível uma representação em códigos binários, permitindo uma maior velocidade de processamento e menor área de armazenamento.

O arquivo IGES é dividido em 5 seções, sendo cada seção formada por linhas de comprimento fixo de 80 colunas, onde:

**Colunas 1 - 72 :** registros

**Coluna 73 :** indentificação da seção através de letras (S,G,D,P ou T)

**Colunas 74 - 80 :** numeração seqüencial de linha

As seções que compõem um arquivo em formato IGES são:

**SEÇÃO INICIAL (S) :** Contém o nome do arquivo.

**SEÇÃO GLOBAL (G) :** Contém informações das características globais do desenho, tais como autor, data, identificação do desenho, etc.

**SEÇÃO DE LISTA DE ENTRADA (D) :** Contém um índice de todas as entidades descritas na Seção de Dados e Parâmetros. Cada entrada consiste de 2 registros com 10 campos de 8 caracteres.

**SEÇÃO DE DADOS DE PARÂMETROS (P) :** Contém a descrição detalhada das entidades listadas na Seção de Listas de Entrada.

**SEÇÃO FINAL (T) :** É o último registro do arquivo.

Criar geradores ou interpretadores de arquivos em formato IGES é bastante trabalhoso, comparado com outros formatos. Isto devido ao número de informações duplicadas, o tempo gasto na verificação da sequência de ponteiros e a validação dos registros.

A importância deste formato está no fato de ter sido um primeiro passo na busca da padronização e que, a partir de suas deficiências, foram desenvolvidos outros formatos mais eficientes.

A seguir, é apresentado um desenho criado no AutoCAD e a listagem do arquivo em formato IGES referente a este desenho.

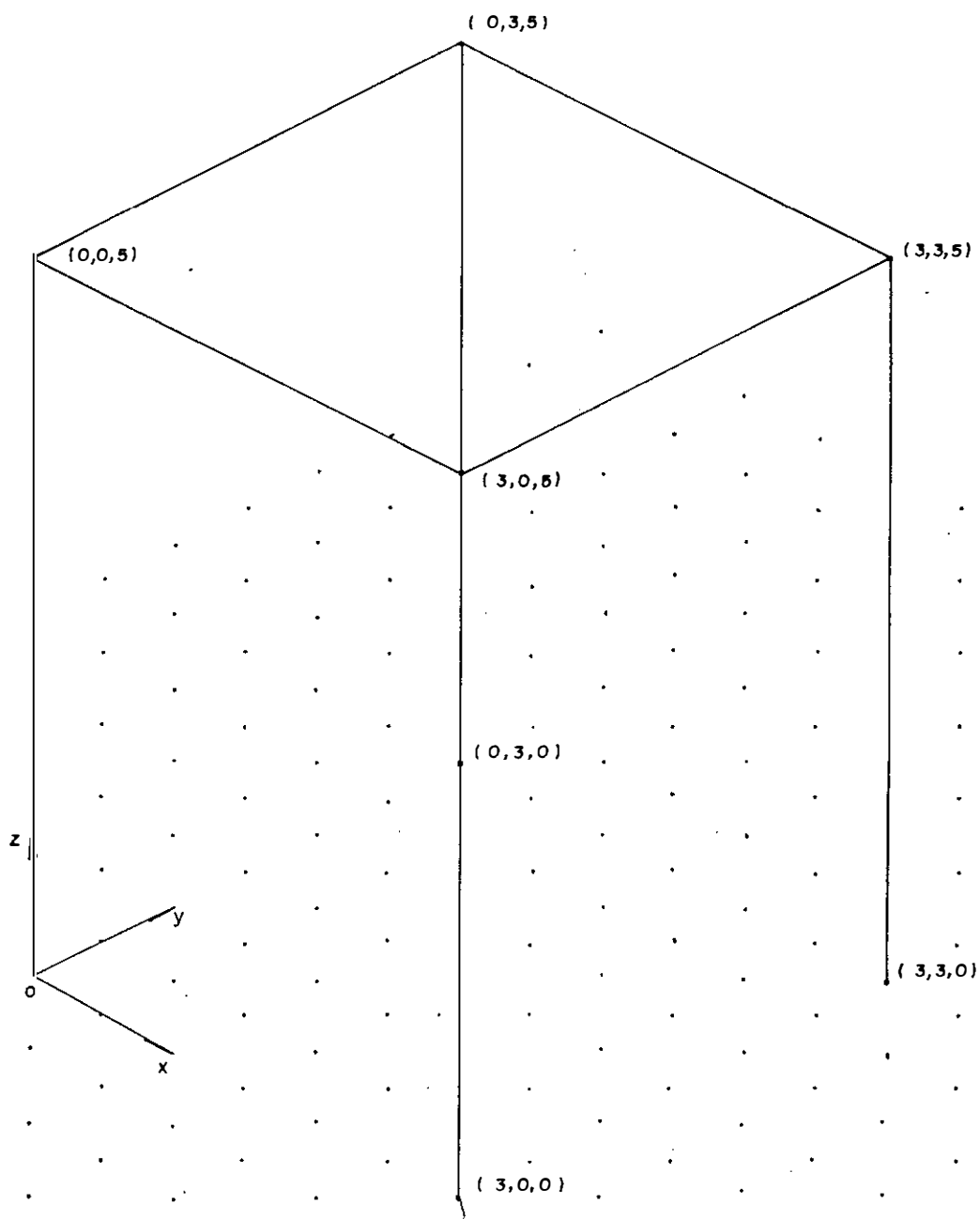


FIGURA III.2 - Desenho criado via AutoCAD - Versão 10

## LISTAGEM DE UM ARQUIVO EM FORAMATO IGES

```

IGES file generated from an AutoCAD drawing by the IGES          S00000001
translator from Autodesk, Inc., translator version IGESOUT-2.0.  S00000002
,,7HFIGTESE,11HFIGTESE.IGS,13HAutoCAD-10 c2,11HIGESOUT-2.0,16.30,6.99, G00000001
15,7HFIGTESE,1.0,1,4HINCH,32767,3.276701,13H920407.024233,1.00-0,5.0,6HTG00000002
hroop,14HAutodesk, Inc.,4,0;          G00000003
110      1      1      1          00000000D00000001
110      1      1      1          000000002
110      2      1      1          00000000D00000003
110      1      1      1          000000004
110      3      1      1          00000000D00000005
110      1      1      1          000000006
110      4      1      1          00000000D00000007
110      1      1      1          000000008
110      5      1      1          00000000D00000009
110      1      1      1          000000010
110      6      1      1          00000000D00000011
110      1      1      1          000000012
110      7      1      1          00000000D00000013
110      1      1      1          000000014
110      8      1      1          00000000D00000015
110      1      1      1          000000016
110,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,5.0;          1P00000001
110,0.0,0.3,0.0,0.0,0.3,5.0;          3P00000002
110,3.0,0.0,0.0,0.3,0.0,5.0;          5P00000003
110,3.0,3.0,0.0,3.0,3.0,5.0;          7P00000004
110,0.0,0.0,5.0,3.0,0.0,5.0;          9P00000005
110,3.0,0.0,5.0,3.0,3.0,5.0;          11P00000006
110,3.0,3.0,5.0,0.0,3.0,5.0;          13P00000007
110,0.0,3.0,5.0,0.0,0.0,5.0;          15P00000008
S00000002G00000003D00000016P00000008          T00000001

```

### III-3) FORMATO DXF

O formato DXF foi desenvolvido pela AutoDESK, Inc. para o AutoCAD, mas atualmente é utilizado pela maioria dos pacotes gráficos existentes.

Este formato foi construído com a possibilidade do tradutor ignorar informações desnecessárias, sem causar qualquer problema de leitura das informações contidas no arquivo.

Um arquivo em formato DXF é escrito em caracteres ASCII (arquivo tipo texto), e possui no nome extensão ".DXF" .

O arquivo em formato DXF é dividido em 5 seções, que são:

**SEÇÃO CABEÇALHO (HEADER SECTION) :** Contém informações sobre o ambiente de desenho. É constituída de parâmetros (Variable Name) em que são associados valores.

**SEÇÃO DE TABELAS (TABLES SECTION) :** Contém informações sobre itens utilizados no desenho. É dividido em :

- **LINETYPE TABLE** (Tabela de tipos de linhas)
- **LAYER TABLE** (Tabela de camadas criadas)
- **STYLE TABLE** (Tabela de estilos)
- **VIEW TABLE** (Tabela de vistas definidas)

**SEÇÃO DE BLOCOS (BLOCKS SECTION) :** Contém informações sobre as entidades que constituem cada bloco usado no desenho. Um bloco é considerado como uma entidade de desenho.

**SEÇÃO DE ENTIDADES (ENTITIES SECTION) :** Contém informações sobre as entidades que constituem o desenho. No caso de blocos, nesta seção somente consta o nome e informações sobre sua localização, sendo que a relação das entidades que constituem o bloco são declaradas na **BLOCKS SECTION**.

**FIM DO ARQUIVO (END OF FILE) :** Marca o fim do arquivo DXF.

No arquivo em formato DXF, toda informação contida nele é descrita em 2 linhas, sendo que na primeira linha contém o CODIGO DE GRUPO (informa o que representa o valor apresentado na linha seguinte) e na segunda linha, o valor atribuído à este código. Como somente um dado é apresentado por linha, os arquivos escritos neste formato vão ter um número muito grande de linhas.

Os CÓDIGO DE GRUPO representam valores que podem ser uma cadeia de caracteres (String), número real ou número inteiro. Então, eles foram agrupados em função destes tipos, conforme a tabela da figura III.3. Até a Versão-10, os códigos de grupos variam de 1 a 79.

INTERVALO DO CODIGO DE GRUPO	TIPO DO VALOR ASSOCIADO
0 - 9	string
10 - 59	real
60 - 79	inteiro

**FIGURA III.3 - Classificação dos Códigos de Grupo**



Conforme descrito anteriormente, a cada código de grupo é associado um tipo de informação. A tabela da figura III.4 relaciona o código de grupo com o que ele representa.

CODIGO DE GRUPO	INFORMACAO
0	Identifica o início de uma entidade
1	Primeiro valor texto de uma entidade
2	Um nome, título de atributo, bloco, etc.
3 - 5	Outros textos
6	Nome do tipo de linha utilizado
7	Nome do estilo de texto utilizado
8	Nome do camada que contém a entidade
9	Identificador de <i>Variables Names</i>
10	Coordenada X
11 - 18	Outras coordenadas X
20	Coordenada Y
21 - 28	Outras coordenadas Y
30	Coordenada Z
31 - 36	Outras coordenadas Z
38	Elevação de uma entidade, se não zero
39	Espessura de uma entidade, se não zero
40 - 48	Valor qualquer real
49	Repetição de valores na TABLES SECTION
50 - 58	Ângulos
62	Número da cor da entidade
66	<i>Flag</i> de atributos. Se = 1 atributo presente
70 - 78	Valor qualquer inteiro

FIGURA III.4 - Tabela de significados dos Códigos de Grupo

A seguir, é apresentado a listagem de um arquivo em formato DXF referente ao mesmo desenho da figura III.2.

# LISTAGEM DO ARQUIVO EM FORMATO DXF

```

0
SECTION
2
HEADER
9
$ACADVER
1
AC1006
9
$INSBASE
10
0.0
20
0.0
30
0.0

.
.
.

<<  VARIAVEIS DO SISTEMA COM SEUS VALORES  >>

.
.
.

9
$WORLDVIEW
70
1
0
ENDSEC
0
SECTION
2
TABLES

.
.
.

<<  INFORMACOES SOBRE LAYERS, TIPOS DE LINHAS, E VISTAS  >>

.
.
.
0
ENDSEC

```

```

0
SECTION
2
BLOCKS
0
ENDSEC
0
SECTION
2
ENTITIES
0
LINE
8
0
10
0.0
20
0.0
30
0.0
11
0.0
21
0.0
31
5.0
0
LINE
8
0
10
0.0
20
3.0
30
0.0
11
0.0
21
3.0
31
5.0
0
LINE
8
0
10
3.0
20
0.0
30
0.0
11
3.0
21
0.0
31
5.0

```

0  
 LINE  
 8  
 0  
 10  
 3.0  
 20  
 3.0  
 30  
 0.0

.  
 .  
 .

<< ENTIDADES GEOMETRICAS EXISTENTES NO DESENHO >>

.  
 .  
 .

0  
 LINE  
 8  
 0  
 10  
 3.0  
 20  
 3.0  
 30  
 5.0

11  
 0.0  
 21  
 3.0  
 31  
 5.0  
 0

LINE  
 8  
 0  
 10  
 0.0  
 20  
 3.0  
 30  
 5.0  
 11  
 0.0  
 21  
 0.0  
 31  
 5.0  
 0  
 ENDSEC  
 0  
 EOF

#### III.4) INTERPRETADOR DE ARQUIVOS NEUTROS PARA O AUTOSALT

O formato de arquivo neutro escolhido para ser utilizado pelo AutoSALT foi o DXF. Esta escolha deveu-se à facilidade que o formato oferece de retirar informações contidas no arquivo neutro.

Todas as informações contidas nas seções Cabeçalho (HEADER), Tabelas (TABLE) e Blocos (BLOCKS) são ignoradas, sendo considerada somente a seção de entidades (ENTITIES).

Para a tradução DESENHO → MODELO ESTRUTURAL foi considerada a convenção apresentada na tabela da figura III.5, sendo observados os seguintes fatos:

- No caso dos elementos EQP, EQS, EQR e EQT de modelos matemáticos não-sólidos [15], e feita a reordenação dos nós para que a conectividade do elemento seja no sentido anti-horário.
- No caso dos elementos EQS e EQR com 8 pontos nodais [15], os 4 pontos intermediários são obtidos por interpolação dos pontos extremos.
- A entidade ATTRIB é sempre procurada após ter-se encontrado a entidade INSERT e seus atributos são atribuídos ao ultimo INSERT.

ENTIDADE	ELEMENTO	CODIGO DE GRUPO	TRADUc<O		
LINE	RETICULADO	10	X i	Np INICIAL	
		11	Y l		
		12	Z i		
		20	X j	Np FINAL	
		21	Y j		
		22	Z j		
		8	TIPO DE SEc<O		
		62	TIPO DE MATERIAL		
3DLINE	RETICULADO	10	X i	Np INICIAL	
		11	Y l		
		12	Z l		
		20	X j	Np FINAL	
		21	Y j		
		22	Z j		
		8	TIPO DE SEc<O		
		62	TIPO DE MATERIAL		
3DFACE	EQP ou EQS ou EQR ou EQT	10	X 1	Np 1	
		11	Y 1		
		12	Z 1		
		20	X 2	Np 2	
		21	Y 2		
		22	Z 2		
		30	X 3	Np 3	
		31	Y 3		
		32	Z 3		
		40	X 4	Np 4	
		41	Y 4		
		42	Z 4		
		62	TIPO DE MATERIAL		
		8	cor = 1	elemento EQP	
			cor = 2	elemento EQS	
			cor = 3	elemento EQR	
			cor = 4	elemento EQT	

FIGURA III.5 - Tabela de tradução entidade-elemento

## CAPITULO IV

### PROGRAMAÇÃO NO AUTOCAD

#### IV.1) VERSÕES PERSONALIZADAS DO AUTOCAD :

A possibilidade de personalização, ou seja, de adaptabilidade às necessidades do usuário, contribuiu para que o AutoCAD seja considerado um padrão de CAD em todo o mundo.

A customização do AutoCAD pode ser feita através de novos comandos (rotinas em AutoLisp), criação de macros (seqüência de execução de um determinado grupo de comandos), novos tipos de letras e padrões de hachuras, criação de bibliotecas de desenhos, novos menus, etc..

Este capítulo descreve como o AutoCAD pode ser personalizado, utilizando os recursos acima descritos. A personalização neste trabalho foi para permitir que o usuário possa utilizar o AutoCAD para criar mais facilmente os desenhos que representarão o modelo estrutural a ser analisado.

Basicamente, a personalização neste trabalho consistiu em :

- 1 - Criação de um novo menu, através do arquivo AUTOSALT.MNU ;

- 2 - Definição do arquivo AUTOSALT.DWG como padrão inicial de todos os arquivos de desenho a serem criados , em substituição ao arquivo ACAD.DWG. Isto é feito no "carregamento" do AutoCAD ;

3 - Criação de uma macro que define o ambiente inicial dos desenhos em função do tipo do modelo estrutural. Esta macro, arquivo AMBIENTE.SCR , é executada automaticamente após o "carregamento" do AutoCAD ;

4 - Substituição dos comandos QUIT e END por rotinas LISP de mesmo nome, inibindo os comandos originais, para que seja criado automaticamente, quando o usuário terminar a edição do desenho e for sair do AutoCAD, o arquivo em formato neutro DXF com as características do desenho . A inibição deste comandos foi feita com o comando UNDEFINE , na criação do ambiente inicial do editor de desenhos;

5 - Criação de blocos ( biblioteca de desenhos ) representando as cargas e as condições de contorno geométricas do modelo estrutural. Estes blocos foram criados associados a atributos, através do comando ATTRIB. Isto para que, quando inseridos ao desenho, sejam associados a eles valores que personalizarão cada um dos blocos inseridos;

6 - Inclusão, no arquivo ACAD.PGP, das características dos programas executáveis que serão utilizados como comandos dentro do ambiente do AutoCAD ;

7 - Criação de rotinas LISP, para trabalharem como comandos do AutoCAD, facilitando a geração dos desenhos. No Apêndice A, encontra-se um resumo das funções AutoLisp. Para mais detalhes, deve-se consultar o *AutoLisp Release 10 - Programmer's Reference*;

8 - Alterações no arquivo ACAD.HLP , para que seja possível ao usuário obter, através do comando HELP, informações também dos novos comandos criados.



#### IV.2) ARQUIVO ACAD.PGP :

Através deste arquivo é possível executar programas ou comandos do DOS, com as limitações da memória RAM, dentro do ambiente do AutoCAD, como se fossem comandos deste.

A filosofia deste trabalho é a personalização do AutoCAD, sem entretanto interferir na utilização "normal" do editor. Então, criou-se um arquivo ACAD.PGP, idêntico ao original, acrescido de modificações. Como o AutoCAD procura pelo ACAD.PGP primeiramente no diretório atual, antes de procurá-lo no diretório ACAD, o módulo gerenciador transfere sempre o arquivo ACAD.PGP modificado para o diretório atual, apagando-o ao final da sessão de trabalho. Desta forma, tem-se uma personalização sem interferir no AutoCAD original. O arquivo ACAD.PGP é um arquivo ASCII, ou seja, do tipo texto. Para modificá-lo, pode-se utilizar qualquer editor de texto que trabalhe com este tipo de arquivo.

Cada linha do arquivo refere-se a um comando, contendo cinco elementos de informação, separados por vírgula, a saber:

1 - O comando que é emitido, dentro do editor de desenhos. Pode ser um nome qualquer, não coincidente com algum outro comando do AutoCAD ;

2 - O comando ou programa que é passado para o DOS, quando o nome definido anteriormente é emitido no editor de desenhos. O nome é emitido no *prompt* como qualquer outro comando do AutoCAD ;

3 - A quantidade de memória necessária para executar o comando;

4 - Um *prompt* oferecido ao usuário para qualquer outra informação adicional necessária;

5 - Um número-código especial, usado pelo AutoCAD quando ele retorna ao editor de desenho. Se este código for zero, o AutoCAD permanecerá no modo texto ao retornar. Se este código for quatro, o AutoCAD ao retornar comutará para a tela gráfica.

Este arquivo é extremamente pequeno, mas de grande importância na personalização do AutoCAD. Durante a personalização, recomenda-se como primeira providência, definir neste arquivo um editor de texto para ser utilizado de dentro do AutoCAD. Desta forma, pode-se editar os arquivos contendo as rotinas AutoLisp sem descartar o AutoCAD, agilizando bastante o processo.

A seguir, é apresentado como exemplo, o arquivo ACAD.PGP original :

```
CATALOG,DIR/W,24000,*FILES:,0
DEL,DEL,24000,File to delete:,0
DIR,DIR,24000,File specification:,0
SH,,24000,DOS Command:,0
SHELL,,125000,*DOS Command:,0
TYPE,TYPE,24000,File to list:,0
```

O AutoCAD reconhece a barra espaçadora como <RETURN> na maioria dos comandos. Quando digita-se um \* (asterisco) no início do *prompt* oferecido ao usuário, força-se ao AutoCAD somente a reconhecer o <RETURN> como fim da resposta do usuário.

#### IV.3) ARQUIVO ACAD.HLP :

Este arquivo contém informações sobre os comandos originais do AutoCAD. Modificando-o, consegue-se que esteja também disponível no comando HELP , informações sobre os comandos acrescentados na personalização do AutoCAD, bem como informações adicionais sobre os comandos originais.

Também neste caso, procurou-se manter a filosofia deste trabalho que é a personalização do AutoCAD, sem entretanto interferir na utilização "normal" do editor. Então, criou-se um novo arquivo ACAD.HLP, idêntico ao original e acrescido das modificações, bem como o arquivo ACAD.HDX, que é o arquivo ACAD.HLP "compilado". Esta "compilação" é feita automaticamente pelo AutoCAD, quando o HELP é executado pela primeira vez após a modificação.

Como o AutoCAD procura pelo ACAD.HDX primeiramente no diretório atual, antes de procurá-lo no diretório ACAD, o módulo gerenciador transfere sempre o arquivo ACAD.HDX modificado para o diretório atual, apagando-o ao final da seção de trabalho. Desta forma, tem-se uma personalização sem interferir no AutoCAD original.

O arquivo ACAD.HLP é estruturado da seguinte forma:

1 - Grupos de 20 linhas, cada linha contendo até 80 colunas, com informações referentes a um determinado comando. Quando o comando HELP é executado, e o usuário solicita informações sobre um determinado comando, é o grupo de linhas referente ao comando que é apresentado na tela texto.

2 - A primeira linha do grupo de linhas é inicializada com uma barra invertida (\) , seguida do nome do

comando sobre a qual o texto seguinte se refere. Quando, na primeira linha, após a barra invertida, não constar nada, o interpretador do arquivo *help*, vai entender que o grupo de linhas que se segue é uma continuação do grupo de linhas anterior. Neste caso, quando o HELP sobre o comando o qual o grupo de linhas anterior se refere for solicitado, o grupo de linhas vai ser apresentado normalmente com uma mensagem informando que mais informações sobre o comando podem ser obtidas, pressionando-se qualquer tecla.

3 - Os dois primeiros grupos de linhas são constituídos de uma lista com o nome de todos os comandos que constam informações no arquivo *help*, e são apresentadas ao usuário sempre que o comando HELP é solicitado. Recomenda-se que o programador ao incluir informações sobre um novo comando, também inclua o nome deste comando nesta lista.

O arquivo ACAD.PGP é um arquivo ASCII, ou seja, do tipo texto. Para modificá-lo, pode-se utilizar qualquer editor de texto que trabalhe com este tipo de arquivo. Deve-se observar que o arquivo ACAD.HLP ocupa um total de aproximadamente 102 Kbytes, e a maioria dos editores de texto somente trabalha com arquivos com até 64 Kbytes de tamanho.

As informações originais contidas no arquivo ACAD.HLP estão escritas no idioma inglês. Neste trabalho, as informações que foram acrescentadas, referentes aos novos comandos, foram escritas no idioma português. Mas, o idioma pode ser qualquer um de escolha do programador.

#### IV.4) ARQUIVOS DE EXTENSÃO .MNU :

O AutoCAD entende que arquivos que possuem extensão .MNU (arquivo "fonte") e extensão .MNX (arquivo "compilado") são arquivos que descrevem um **MENU** para o editor de desenhos. Os arquivos ACAD.MNU e ACAD.MNX descrevem o menu original do AutoCAD.

Novos menus podem ser criados, em arquivos diferentes, podendo possuir qualquer nome aceitável pelo DOS ,mas obrigatoriamente de extensão .MNU . Estes arquivos são escritos em ASCII, ou seja, são do tipo texto, e podem ser criados em qualquer editor de texto que trabalhe com este tipo de arquivo.

O AutoCAD entretanto, somente trabalha com os arquivos de menus de extensão .MNX , ou seja, os arquivos "compilados". A "compilação" é feita automaticamente pelo comando do AutoCAD que carrega menus, quando um novo menu é carregado pela primeira vez.

O AutoCAD suporta vários tipos de menus, podendo todos estes tipos serem descritos a cada arquivo de menu. Os tipos suportados são:

**SCREEN** : Menu de tela

**POPn** : Menu de barra e de superposição

**ICON** : Menu de ilustrações

**BUTTONS** : Menu de botões

**TABLET1** : Primeiro menu de mesa

**TABLET2** : Segundo menu de mesa

**TABLET3** : Terceiro menu de mesa

**TABLET4** : Quarto menu de mesa

**AUX1** : Menu auxiliar de botões

Para a personalização, a que se refere este trabalho, criou-se os arquivos AUTOSALT.MNU e AUTOSALT.MNX . Nestes arquivos, somente é descrito o menu de tela, sendo mantido como original os outros tipos de menus. O menu de tela foi então organizado em sub-menus, com os comandos originais necessários ao objetivo da personalização, bem como com os novos comandos. A hierarquia à qual está submetido os comandos, no menu AUTOSALT.MNU , é apresentada na figura B.3 (página 83, no Apêndice B).

Para detalhes, de como é organizado um arquivo do tipo menu, deve-se consultar o *AutoCAD Reference Manual - Release 10*.

#### IV.5) ARQUIVOS SCRIPT - ARQUIVOS DE EXTENSÃO .SCR :

Este é um recurso do AutoCAD, que permite que uma sequência pré-determinada de comandos seja executada automaticamente. Esta sequência de comandos deve estar descrita em um arquivo do tipo texto. Este arquivo pode ter qualquer nome aceito pelo DOS, mas obrigatoriamente deve ter extensão .SCR .

Cada linha do arquivo *script* contém o nome do comando do AutoCAD a ser executado, seguido de todos os parâmetros necessários à execução deste comando.

A ativação do arquivo *script* pode ser feita de dois modos distintos:

1 - Durante o carregamento do AutoCAD: digitando-se como parâmetro o nome do arquivo de desenho a ser utilizado, seguido do nome do arquivo *script* a ser executado automaticamente após o carregamento. Isto é :

ACAD <arquivo de desenho> <arquivo script>

2 - Após o carregamento do AutoCAD: no ambiente do editor de desenho, através do comando SCRIPT . O comando SCRIPT solicita ao usuário o nome do arquivo *script*, executando-o em seguida.

Este recurso de execução de uma sequência pré-determinada de comandos, é utilizado para criar o ambiente inicial de desenho na versão personalizada do AutoCAD. O módulo gerenciador AutoSALT cria, antes do carregamento do AutoCAD, o arquivo AMBIENTE.SCR, em função do tipo do modelo estrutural a ser desenhado.

## CAPITULO V

## PRÉ-PROCESSADOR AUTOSALT

## V.1) CARACTERÍSTICAS GERAIS

O AutoSALT é o programa desenvolvido com o objetivo de facilitar a geração de modelos estruturais reticulados e contínuos via interface com o AutoCAD.

A linguagem de programação utilizada no desenvolvimento do AutoSALT foi o Turbo Pascal - Versão 5.5, da Borland International, Inc. [17].

Este programa foi concebido de forma a carregar o AutoCAD automaticamente, passando os dois a trabalharem em conjunto. Desta maneira, é criado todo um ambiente personalizado para que o AutoCAD funcione direcionado para a geração de modelos para o Sistema SALT.

Conforme foi descrito no Capítulo III, o AutoCAD pode gerar, para comunicação, arquivos nos formatos IGES e DXF. Porém, no presente caso optou-se por trabalhar com o arquivo neutro no formato DXF, pela facilidade de acesso às informações sobre sua estruturação.

Portanto, uma vez gerado o desenho de um modelo com o AutoCAD, a ideia básica é instruir que seja gerado o arquivo DXF com as informações correspondentes e usar um programa tradutor que retire deste arquivo as informações necessárias para a criação do arquivo de dados para o sistema de análise estrutural, no caso o Sistema SALT. A



figura V.1 esclarece a idéia básica do uso do AutoCAD como pré-processador de um sistema de análise de estruturas.

### AUTOSALT (Gerenciador)

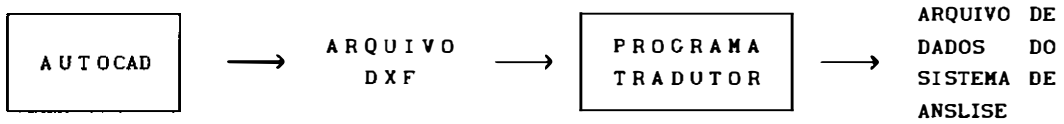


FIGURA V.1 - Fluxograma básico

### V.2) ORGANIZAÇÃO DAS INFORMAÇÕES

Para a geração dos modelos estruturais alguns parâmetros e informações usados pelo AutoCAD têm significado especial.

Como o Sistema SALT admite até cinco tipos diferentes de material, a cada um deste é associado um "LAYER" diferente, especialmente criado para este fim. Portanto, as entidades desenhadas respectivamente nos "layers" MAT1, MAT2, MAT3, MAT4 e MAT5, são interpretadas pelo tradutor como associadas aos materiais do tipo 1 a 5, conforme esquematizado na figura V.2.

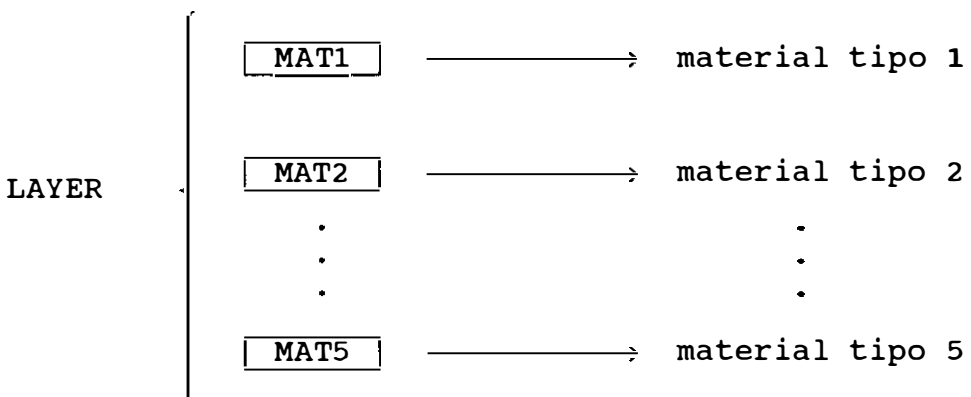
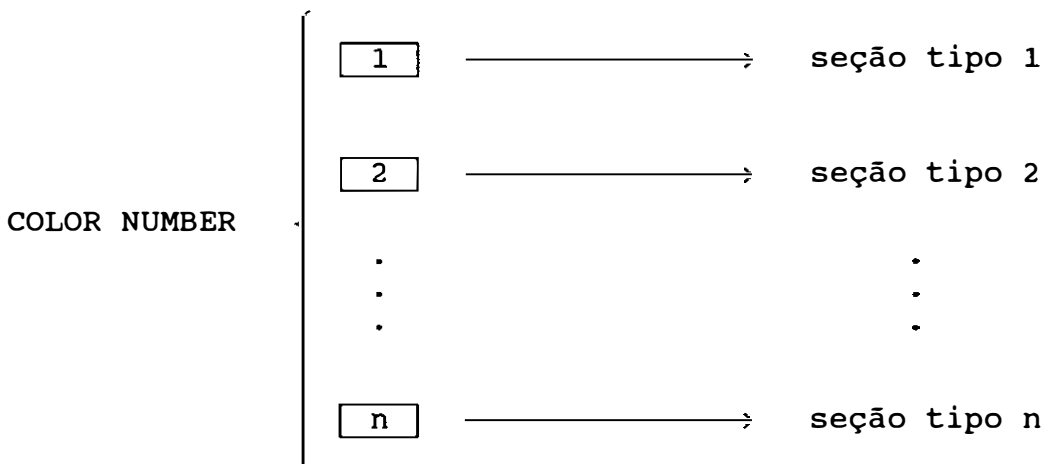


FIGURA V.2 - Definição de tipo de material

No caso de modelos de estruturas compostos por elementos de barra (unidimensionais), a entidade usada é a LINE ou 3DLINE, e a cor com a qual estas entidades são desenhadas está associada ao tipo da seção transversal do elemento. Assim, o programa tradutor ao encontrar uma destas duas entidades entende que se trata de um elemento de barra, e associa o número da cor com a qual foi desenhada a barra ao número do tipo de sua seção transversal. Portanto, todas as entidades desenhadas com a cor 1 (vermelho) do AutoCAD, são interpretadas como tendo a mesma seção transversal cujo número no banco de dados do Sistema SALT é também 1, conforme esquematizado na figura V.3. Como o AutoCAD, Release 10.0, reconhece 256 cores, na geração gráfica de modelos, pode-se ter até este número de diferentes seções transversais, embora o Sistema SALT não apresente nenhuma limitação a este respeito. O número 256 cobre folgadoamente todos os casos de utilização prática do sistema.



**FIGURA V.3 - Definição do tipo de seção transversal (Barra)**

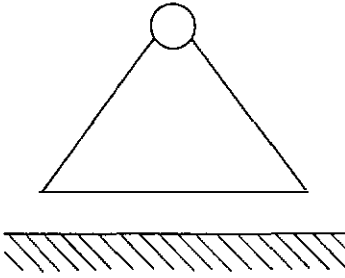
Para elementos finitos planos (de estado plano de tensões e deformações, de flexão de placa e de casca) e sólidos, a cor com a qual o elemento é desenhado tem significado diferente que no caso dos modelos reticulados. No presente caso, a cor está associada ao tipo do elemento, e na versão atual do AutoSALT somente as cores 1, 2, 3 e 4 têm significado. No caso de elementos bidimensionais, as cores 1 e 4 estão associadas ao elemento com quatro pontos nodais (bilinear), e as cores 2 e 3, a elementos com oito pontos nodais (quadrático) em função do número de pontos de integração utilizado pelo Sistema SALT no cômputo das matrizes de rigidez dos elementos. No caso de elementos sólidos, ambas as cores 1 e 4 estão associadas a elementos com oito pontos nodais (trilinear). O elemento bidimensional triangular com três pontos nodais e seu equivalente tetraedro, no caso tridimensional, são obtidos por degeneração do elemento bidimensional com quatro pontos nodais e do elemento sólido de oito pontos nodais, respectivamente. A figura V.4 completa e esclarece as informações acima apresentadas.

Ainda para elementos finitos bi e tridimensionais, a entidade reconhecida pelo programa tradutor é a 3DFACE. Na geração de malhas são usados os comandos de geração de superfície do AutoCAD associados a novos comandos criados em AutoLISP. Para o AutoCAD uma superfície é entendida como uma entidade única, porém o tradutor procura por entidades 3DFACE. O uso do comando EXPLODE do AutoCAD transforma uma superfície em um conjunto de entidades 3DFACE.

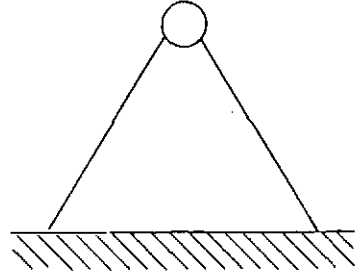
Tipo do Elemento	Número da cor	Número de nós	Modelo Matemático	Observações
eqp	1	4	estado plano placa casca	com modos compatíveis
		8	sólido	
eqs	2	8	estado plano placa	com 3 pontos de integração
eqr	3	8	estado plano placa	com 2 pontos de integração
eqt	4	4	estado plano	com modos incompatíveis
		8	sólido	

**FIGURA V.4 - Relação cor da entidade e tipo de elemento**

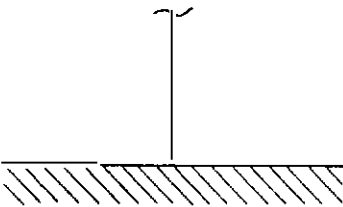
As condições de contorno são definidas através de desenhos pré-definidos denominados blocos (entidade INSERT, que insere os blocos) que representam graficamente o tipo de apoio e dos atributos (entidade ATTRIB, que contém informações sobre o bloco inserido). Foi desenvolvido em AutoLISP um comando que lê as condições de contorno bem como as constantes de mola em cada direção e, escolhe um "bloco" conveniente com estas informações e as coloca no "atributo" deste "bloco". Existem quatro desenhos (blocos) diferentes que representam as condições de contorno, sendo três representando os apoios planos (com três restrições) e um representando o apoio tridimensional (com seis restrições). A figura V.5 mostra estes desenhos.



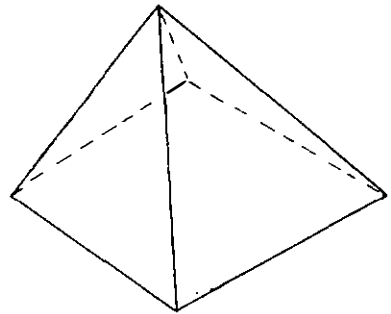
Apoio de 1º Gênero



Apoio de 2º Gênero

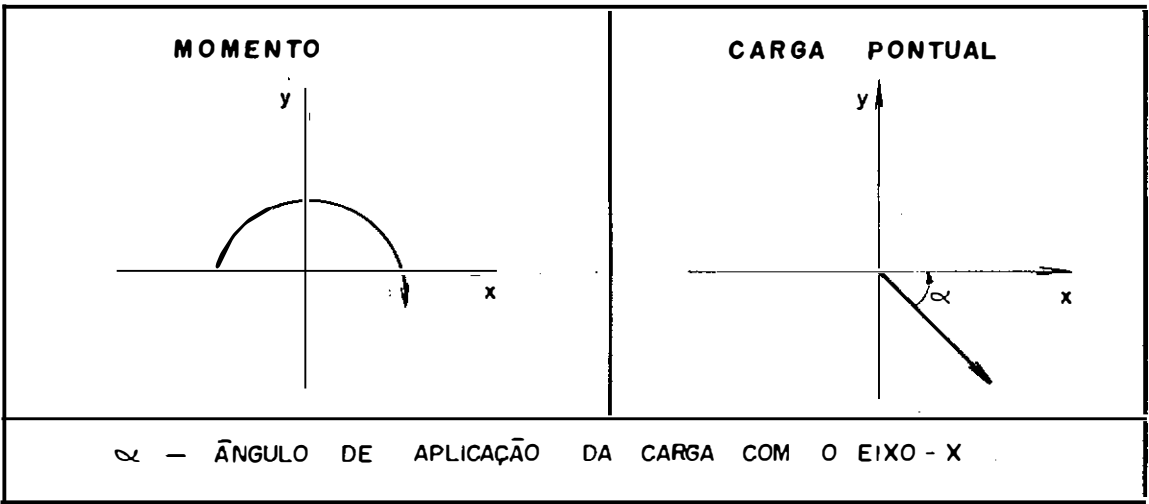


Apoio de 3º Gênero

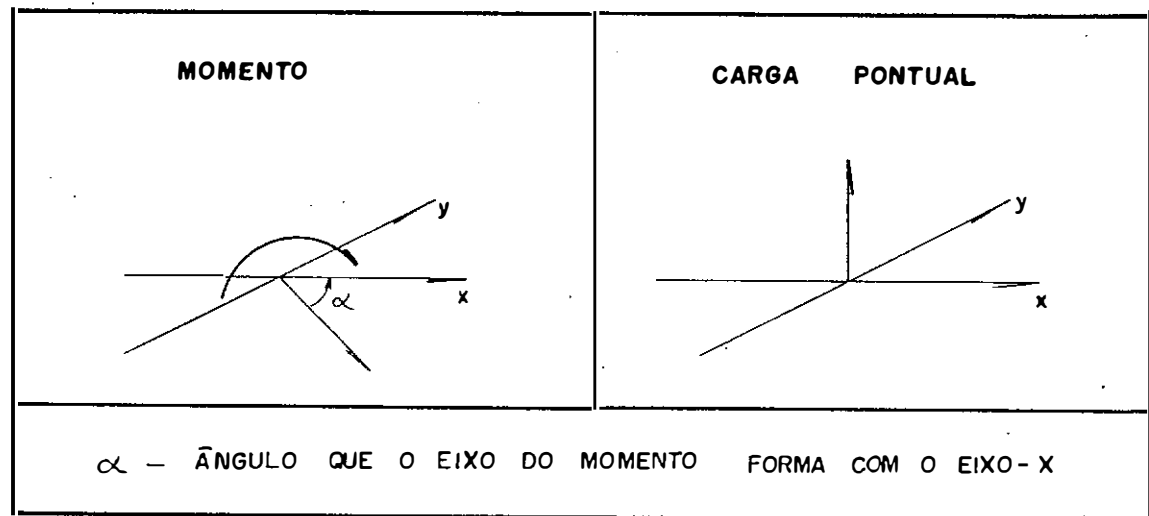
Apoio Genérico  
( 6 condições de contorno )**FIGURA V.5 - Desenhos de tipos de apoios**

O carregamento também pode ser introduzido pelo editor gráfico, sendo aceitas as cargas nodais e de peso próprio.

Para as cargas nodais criou-se um comando em AutoLISP que insere um bloco, que pode ser momento ou força, com um atributo que é o valor da carga. Somente cargas nodais são reconhecidas pelo tradutor. No caso de forças (para estruturas planas) e de momentos (para estruturas tridimensionais), estas cargas podem ser aplicadas com um ângulo em relação ao eixo-x. As figuras V.6a e V.6b mostram o desenho da representação destas cargas nodais.



(a) MODELOS PLANOS



(b) MODELOS TRIDIMENSIONAIS

**FIGURA V.6 - Cargas Nodais**

Para o caso do peso próprio é utilizado um comando, para o qual foi desenvolvido um programa em Turbo Pascal executado de dentro do AutoCAD, onde se definem as componentes da aceleração da gravidade ( $G_x$ ,  $G_y$  e  $G_z$ ) em relação aos eixos globais de referência. A execução de programas, como se fossem comandos, de dentro do AutoCAD é possível através de declaração no arquivo ACAD.PGP, conforme descrito no Capítulo IV.

Pode-se também, de dentro do ambiente do AutoCAD, definir as características geométricas de cada seção transversal de elemento utilizada, bem como as características físicas de cada material utilizando-se comandos criados, que são programas desenvolvidos em Turbo Pascal. Estes comandos/programas simplesmente editam arquivos texto com extensão .SEC e .MAT que contém as informações das seções e dos materiais utilizados no modelo estrutural.

A possibilidade de se definir o carregamento (embora limitada a cargas nodais e peso próprio), as seções e os materiais utilizados, dentro do editor gráfico, é um recurso que representa uma grande facilidade para o usuário e, oferecido em poucos dos pré-processadores existentes.

Desta forma, utilizando entidades de desenho e editando arquivos externos de dentro do AutoCAD, consegue-se que tais desenhos sejam interpretados como modelos de estruturas a ser analisados por sistemas desenvolvidos para este fim.

### V.3) DEFINIÇÃO DE NÓ-K

O nó-K é um nó auxiliar, necessário nos elementos reticulados de pórtico espacial, e serve para definir a direção do eixo-y principal de inercia da seção transversal do elemento.

O AutoSALT gera automaticamente, no caso de pórtico espacial, um nó-K considerando uma situação pré-definida. Esta situação é a de que o eixo-y principal de inercia da seção transversal do elemento está normal ao plano-xy.

A partir desta definição, considerou-se quatro situações de projeção da barra de portico espacial sobre o plano-xy (figura V.7) :

- (1) A projeção é um ponto : barra normal ao plano xy;
- (2) A projeção é uma reta qualquer : barra não paralela aos planos xz ou yz;
- (3) A projeção é uma reta paralela ao eixo-y : barra paralela ao plano yz;
- (4) A projeção é uma reta paralela ao eixo-x : barra paralela ao plano xz;

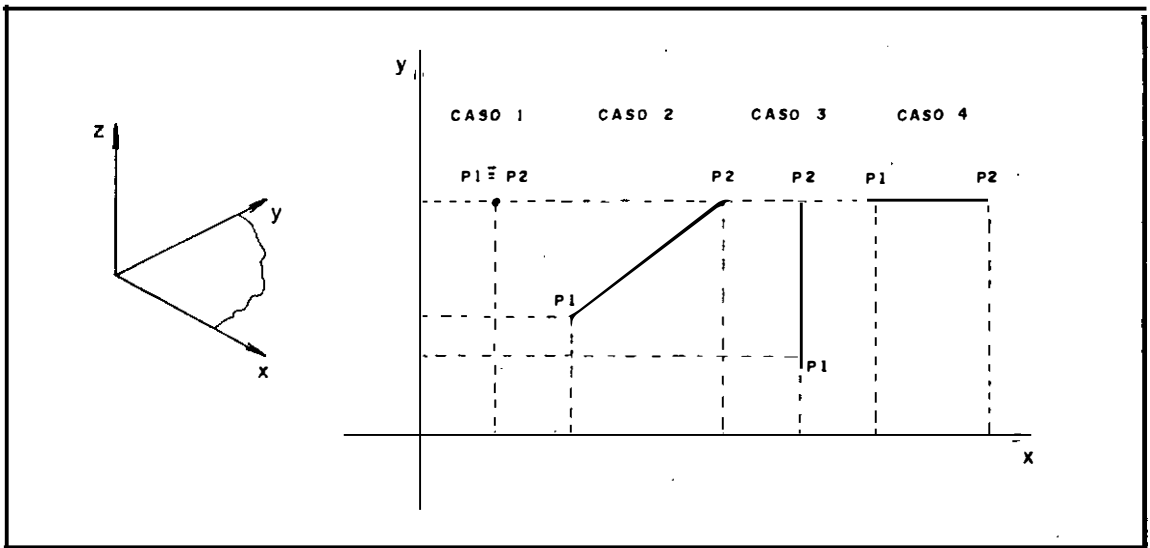


FIGURA V.7 - Projeções da barra 3D sobre o plano-xy

Em função de cada caso, escolhe-se um ponto pertencente a um dos planos xy, xz ou yz para ser o nó-k, de tal forma que este ponto e a barra não sejam colineares e formem um plano perpendicular ao plano xy. Tem-se os seguintes casos:



$$\begin{array}{lcl}
 \text{CASO 1:} & \left\{ \begin{array}{l} X1 = X2 \\ Y1 = Y2 \end{array} \right. & \left[ \begin{array}{l} \left\{ \begin{array}{l} x1 = x2 = 0 \\ y1 = y2 = 0 \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} xk = 0 \\ yk = 9999 \\ zk = 0 \end{array} \right. \\ \\ \left\{ \begin{array}{l} x1 = x2 \neq 0 \\ y1 = y2 = 0 \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} xk = x1 \\ yk = 9999 \\ zk = 0 \end{array} \right. \\ \\ \left\{ \begin{array}{l} x1 = x2 \neq 0 \\ y1 = y2 \neq 0 \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} xk = x1 \\ yk = 0 \\ zk = 9999 \end{array} \right. \end{array} \right. \\
 \\
 \text{CASO 2:} & \left\{ \begin{array}{l} X1 \neq X2 \\ Y1 \neq Y2 \end{array} \right. & \left\{ \begin{array}{l} xk = x1 - \left( \frac{x1 - x2}{y1 - y2} \right) * y1 \\ yk = 0 \\ zk = 9999 \end{array} \right. \\
 \\
 \text{CASO 3:} & \left\{ \begin{array}{l} X1 = X2 \\ Y1 \neq Y2 \end{array} \right. & \left\{ \begin{array}{l} xk = x1 \\ yk = 0 \\ zk = 9999 \end{array} \right. \\
 \\
 \text{CASO 4:} & \left\{ \begin{array}{l} X1 \neq X2 \\ Y1 = Y2 \end{array} \right. & \left\{ \begin{array}{l} xk = 0 \\ yk = y1 \\ zk = 9999 \end{array} \right.
 \end{array}$$

Para os casos em que esta situação não é verdadeira, deve-se alterar posteriormente, depois de concluído, o arquivo de entrada de dados.

**V.4) EXEMPLOS**

Os modelos estruturais a seguir apresentados foram gerados pelo pré-processador AutoSALT para análise utilizando-se o Sistema SALT.

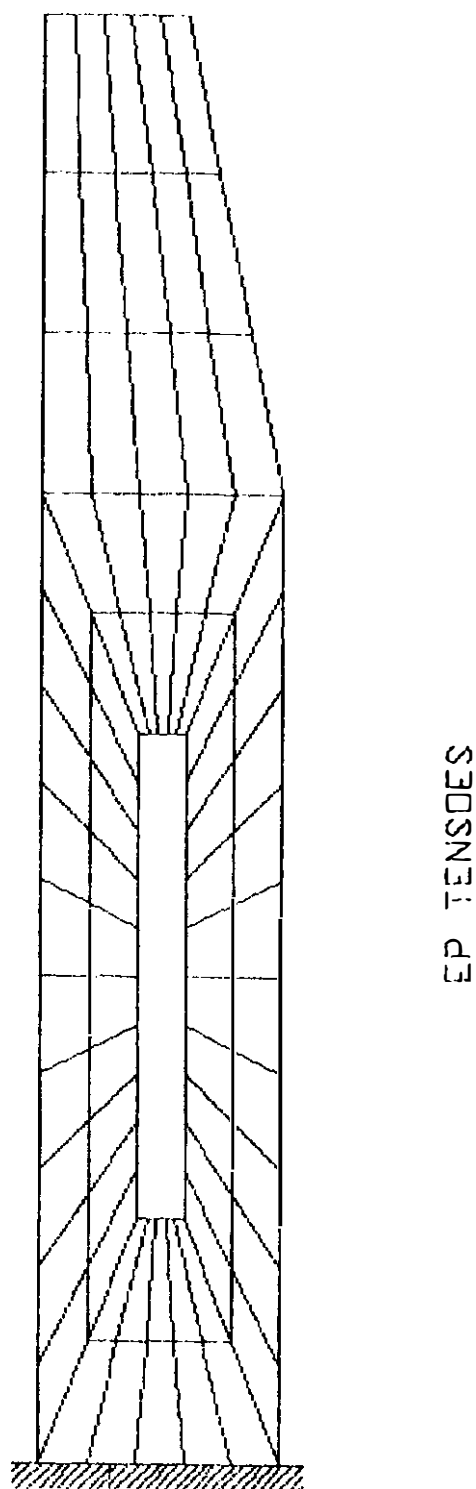
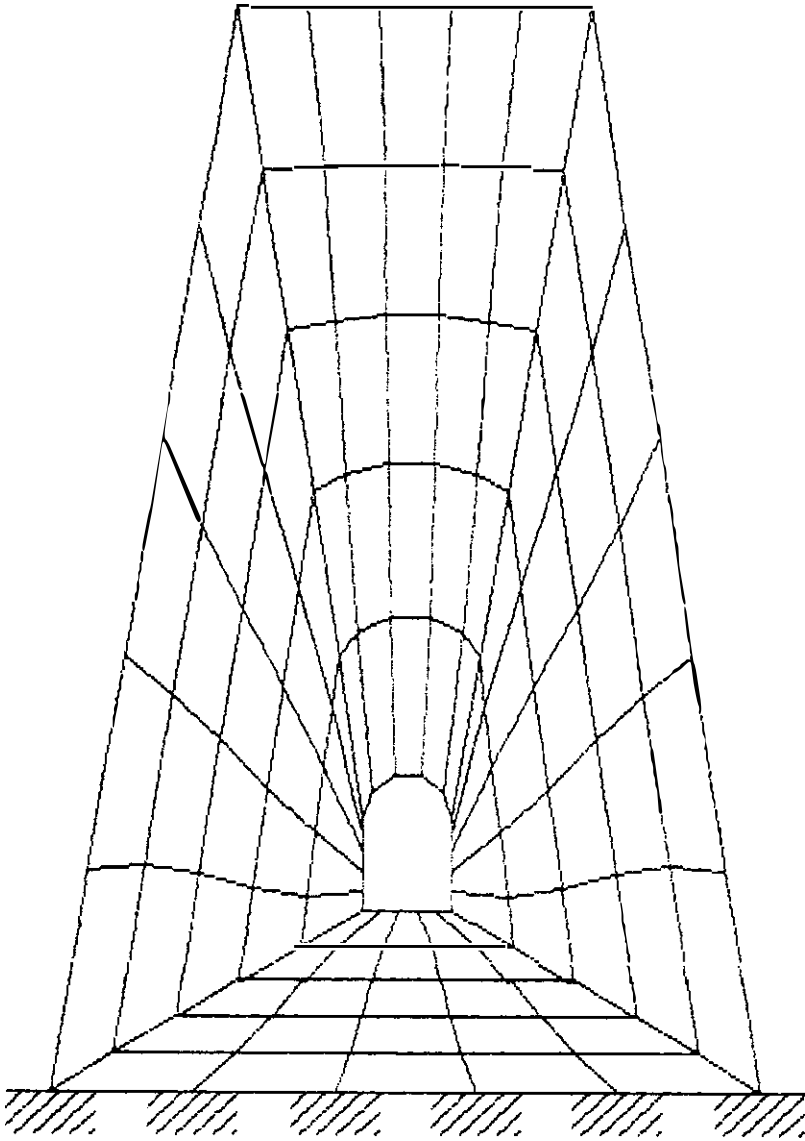
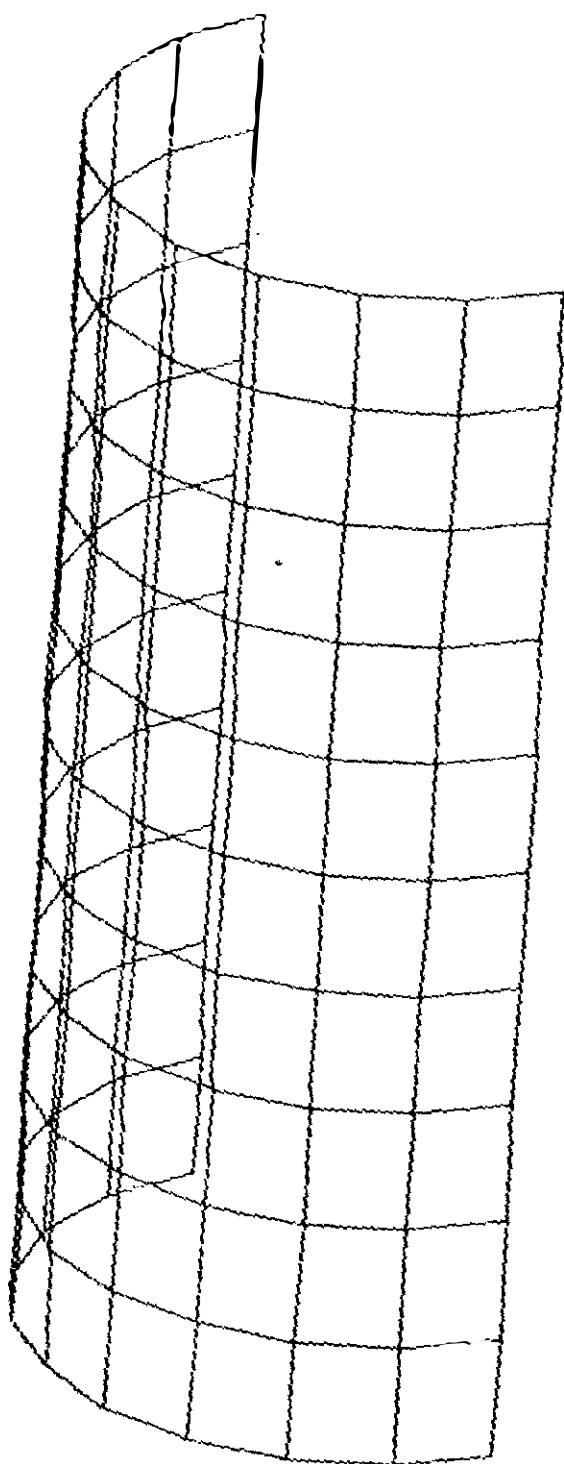


FIGURA V.8 - Estado Plano de Tensões



EP DEFORMAÇÕES

FIGURA V.9 - Estado Plano de Deformações



CASCA

FIGURA V.10 - Casca

## CAPITULO VI

### CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Com a realização deste trabalho pretende-se contribuir com todos aqueles que necessitem de recursos gráficos em seus trabalhos, mas que não desejem desenvolver um sistema gráfico específico. Embora a idéia não seja inovadora, serve para reafirmar a grande potencialidade, muita vezes não percebida, dos pacotes gráficos (CAD) existentes.

Embora o enfoque apresentado tenha sido em análise estrutural, sua utilização pode ser estendida para outros campos de utilização.

Reconhece-se que o fato do sistema de análise ficar atado a um pacote gráfico é uma desvantagem. Mas, com os resultados obtidos e a tendência cada vez mais rápida de barateamento destes pacotes gráficos, conclui-se que esta desvantagem vá deixando de ser significativa.

Certamente toda a potencialidade de recursos do AutoCAD não foi aqui explorada. Sugere-se então, na continuidade deste trabalho, que os seguintes acréscimos sejam feitos:

1 - Que sejam desenvolvidos novos comandos, utilizando rotinas AutoLISP, que permitam novos tipos de carregamento. Estes carregamentos seriam: carga distribuída sobre o elemento, carga de temperatura, pressão, etc.

2 - Que sejam desenvolvidos comandos, utilizando rotinas AutoLISP, que permitam a geração automática de elementos triangulares. Até a presente versão, é possível a

geração automática somente de elementos quadrangulares com 4 e 8 pontos nodais.

3 - Que sejam desenvolvidos comandos, utilizando rotinas AutoLISP, que permitam a geração automática de elementos tridimensionais a partir de uma região pré-definida. Até a presente versão, para a geração de modelos estruturais que utilizem elementos tridimensionais, deve-se criar um elemento e copiá-lo continuamente.

4 - Independentemente do AutoCAD, que seja acoplado ao módulo um renumerador de nós. O renumerador é importante porque o arquivo de entrada de dados é construído a partir de um desenho, cuja numeração dos nós é feita segundo o armazenamento das entidades de desenho no banco de dados do AutoCAD, podendo gerar modelos ineficientes do ponto de vista computacional. Mesmo para um arquivo que tenha sido gerado "manualmente", ou seja, sem os recursos de um pré-processador gráfico, recomenda-se que seja submetido a um renumerador. Deve-se ressaltar que o Sistema SALT já possui 2 eficientes rotinas de renumeração de nós.

5 - Que seja desenvolvido, usando-se rotinas AutoLISP, um gerador automático de modelos estruturais.

6 - Que sejam desenvolvidas novas rotinas que gerem arquivos de entrada de dados para outros sistemas de análise estrutural, a partir da tradução já feita pelo INPUTARQ.EXE.

O desenvolvimento deste trabalho foi muito gratificante, podendo-se destacar os momentos em que se conseguiu dominar a estruturação do arquivo neutro DXF e os recursos da linguagem interpretada AutoLISP.

## APÊNDICE A

## LINGUAGEM AUTOLISP

## A.1) INTRODUÇÃO:

O AutoLISP é uma linguagem de programação interpretada pelo editor gráfico do AutoCAD. Esta possibilidade de utilização de uma linguagem de programação permitiu ao AutoCAD ter uma diversificação de utilização muito ampla. Entretanto, a grande maioria dos usuários do AutoCAD se limita em utilizar os comandos básicos do AutoCAD. Com um bom entendimento do AutoLISP é possível criar novos comandos, implementar novos menus, programar rotinas de trabalho, etc.

Este é um apêndice com uma descrição resumida dos recursos da linguagem AutoLISP. Para uma descrição mais detalhada, deve-se consultar o *AutoLISP Release 10 - Programmer's Reference*.

## A.2) CARACTERÍSTICAS DA LINGUAGEM:

A linguagem AutoLISP, assim como MacLISP, ZetaLISP, InterLISP e CommomLisp, são variações da linguagem LISP. O LISP é uma linguagem de programação de sintaxe simples, excelente para trabalhar com grupos de registros de tipos variados (muito comum em arquivos de desenhos), sendo também largamente utilizado no desenvolvimento de Sistemas Inteligentes (Inteligência Artificial).

As rotinas LISP devem ser criadas e armazenadas em arquivos do tipo texto (ASCII), com nome segundo as regras do sistema operacional, e com extensão LSP.

Para que as rotinas LISP sejam mais compreensíveis, tanto para o usuário como para o interpretador LISP, deve-se fazer uso de indentação, parênteses e comentários. As linhas que forem precedidas de ponto-e-vírgula em uma rotina LISP não são consideradas pelo interpretador do AutoLISP, sendo então utilizadas para se fazer comentários e/ou explicações.

A execução de uma rotina AutoLISP é feita digitando-se o nome da rotina no "prompt" do AutoCAD. Mas, uma rotina só está disponível para ser executada depois que o arquivo do tipo texto que a contém tiver sido carregado pela função LOAD do AutoLISP.

O arquivo ACAD.LSP, quando existir, é carregado automaticamente na inicialização do AutoCAD. Esta característica pode ser bastante útil na customização do AutoCAD.

O interpretador AutoLISP quando detecta erros de sintaxe em um arquivo com rotinas LISP, interrompe o "carregamento" e coloca uma mensagem sobre o erro detectado no "prompt" do AutoCAD. Uma listagem com a descrição dos erros possíveis é encontrada no final deste apêndice.

A função DEFUN do AutoLISP define se a rotina LISP a ser criada vai ser uma nova função do AutoLISP ou um novo comando do AutoCAD. A diferença entre uma função do AutoLISP e um comando do AutoCAD é que uma função AutoLISP só pode ser utilizada dentro de uma outra rotina LISP e, um



comando para o AutoCAD é executado diretamente no "prompt" do ambiente de desenho do AutoCAD.

A correta utilização das funções LOAD e DEFUN é mostrada no item a seguir, onde são descritas todas as funções pré-definidas do AutoLISP.

O AutoLISP suporta diversos tipos de dados, que são:

- LISTAS : É um conjunto de dados, separados por espaço, dentro de parênteses. As coordenadas X, Y e Z de um ponto é considerado uma lista com 3 valores.
- SÍMBOLOS : São os nomes das variáveis de memória e dos operadores de funções.
- STRING : Podem ser de qualquer tamanho. É alocada dinamicamente a memória necessária para as strings utilizadas nas rotinas AutoLISP.
- REAIS : Devem sempre ser escritos com a parte inteira e a parte decimal. Os números reais podem também ser escritos em notação decimal.
- INTEIROS : que variam de -32768 a 32767.
- NOMES DE ENTIDADES DO AUTOCAD : Cada entidade quando criada no autoCAD recebe um nome único, que é um número de oito dígitos, em notação hexadecimal.
- CONJUNTO DE SELEÇÕES DO AUTOCAD : É o agrupamento de um conjunto de entidades selecionadas.

Os nomes das variáveis de memória devem sempre começar por uma letra, seguida de caracteres alfanuméricos e podem conter quantos caracteres forem necessários. O conveniente

é ter variáveis com o menor nome possível.

O valor armazenado em uma variável de memória pode ser facilmente verificado, no ambiente do editor de desenho do autoCAD, digitando-se no "prompt" de comandos um sinal de exclamação (!), seguido do nome da variável.

### A.3) FUNÇÕES AUTOLISP:

#### a) Funções Aritméticas:

FUNÇÃO : +

DEFINIÇÃO : Retorna o valor da adição dos números apresentados.

FORMA GERAL: ( + <número> <número> ... )

EXEMPLO : ( + 4 3 6.5 ) retorna 13.5

EXEMPLO : -

DEFINIÇÃO : Retorna o valor da subtração do primeiro número apresentado pelos números seguintes.

FORMA GERAL: ( - <número> <número> <número> ... )

EXEMPLO : ( - 10 3 9 ) retorna -2

EXEMPLO : \*

DEFINIÇÃO : Retorna o valor do produto de todos os números apresentados.

FORMA GERAL: ( \* <número> <número> <número> ... )

EXEMPLO : ( \* 2 -3 4 ) retorna -24

EXEMPLO : /

DEFINIÇÃO : Retorna a divisão do primeiro número pelo produto dos números seguintes.

FORMA GERAL: ( / <número> <número> <número> ... )

EXEMPLO : ( / 40 5 4 ) retorna 2

FUNÇÃO : 1+

DEFINIÇÃO : Retorna o número apresentado acrescido de 1.

FORMA GERAL: ( 1+ <número> )

EXEMPLO : ( 1+ 14) retorna 15

FUNÇÃO : 1-

DEFINIÇÃO : Retorna o número apresentado decrescido de 1.

FORMA GERAL: ( 1- <número> )

EXEMPLO : ( 1- 10) retorna 9

FUNÇÃO : ABS

DEFINIÇÃO : Retorna o valor absoluto do número apresentado.

FORMA GERAL : ( ABS <número> )

EXEMPLO : ( ABS -15) retorna 15

FUNÇÃO : EXP

DEFINIÇÃO : Retorna o valor do número e elevado ao número apresentado, ou seja, o exponencial.

FORMA GERAL : ( EXP <número> )

EXEMPLO : ( EXP 1) retorna 2.71828 ...

FUNÇÃO : EXPT

DEFINIÇÃO : Retorna o valor da operação de elevar o primeiro número pelo segundo.

FORMA GERAL : ( EXPT <base> <expoente> )

EXEMPLO : ( EXPT 2 3) retorna 8

FUNÇÃO : GCD

DEFINIÇÃO : Retorna o maior denominador comum entre os dois números apresentados.

FORMA GERAL : ( GCD <número1> <número2> )

EXEMPLO : ( GCD 12 20) retorna 4

FUNÇÃO : LOG

DEFINIÇÃO : Retorna o valor do logaritmo natural do número apresentado.

FORMA GERAL : ( LOG <número> )

EXEMPLO : ( LOG 2.71828 ) retorna 1

FUNÇÃO : MAX

DEFINIÇÃO : Retorna o maior valor da lista de números.

FORMA GERAL: ( MAX <número> <número> ... )

EXEMPLO : ( MAX 43.05 -16 4.3 50 4 ) retorna 50

FUNÇÃO : MIN

DEFINIÇÃO : Retorna o menor valor da lista de números.

FORMA GERAL : ( MIN <número> <número> ... )

EXEMPLO : ( MIN 43.05 -16 4.3 50 4 ) retorna -16

FUNÇÃO : REM

DEFINIÇÃO : Retorna o resto da divisão.

FORMA GERAL : ( REM <número> <número> )

EXEMPLO : ( REM 100 15 ) retorna 10

FUNÇÃO : SQRT

DEFINIÇÃO : Retorna o valor da raiz quadrada do número apresentado.

FORMA GERAL : ( SQRT <número> )

EXEMPLO : ( SQRT 9 ) retorna 3

#### b) Funções AutoCAD:

FUNÇÃO : COMMAND

DEFINIÇÃO : Esta função executa comandos do AutoCAD.

FORMA GERAL : ( COMMAND <comando> <argumentos> ... )

EXEMPLO : ( COMMAND "LINE" "15,15" "10,3" "" )

FUNÇÃO : GETVAR

DEFINIÇÃO : Esta função retorna o valor de uma determinada variável de sistema do AutoCAD.

FORMA GERAL : ( GETVAR <nome da variável> )

**FUNÇÃO** : **GRAPHSCR**  
**DEFINIÇÃO** : Esta função comuta a tela para o modo gráfico  
**FORMA GERAL** : ( **GRAPHSCR** )

**FUNÇÃO** : **MENUCMD**  
**DEFINIÇÃO** : Esta função ativa um sub-menu do menu ativo.  
**FORMA GERAL** : ( **MENUCMD** <nome do sub-menu> )

**FUNÇÃO** : **OSNAP**  
**DEFINIÇÃO** : Esta função retorna um ponto que é o resultado da aplicação da função OSNAP a uma determinada entidade gráfica.  
**FORMA GERAL**: ( **OSNAP** <ponto> <função osnap> )

**FUNÇÃO** : **REDRAW**  
**DEFINIÇÃO** : Esta função redesenha a tela gráfica.  
**FORMA GERAL** : ( **REDRAW** )

**FUNÇÃO** : **SETVAR**  
**DEFINIÇÃO** : Esta função modifica o valor da variável de sistema do autoCAD.  
**FORMA GERAL**: ( **SETVAR** <nome da variável> <novo valor> )

**FUNÇÃO** : **TEXTSCR**  
**DEFINIÇÃO** : Esta função comuta a tela para o modo texto.  
**FORMA GERAL** : ( **TEXTSCR** )

**FUNÇÃO** : **VPORTS**  
**DEFINIÇÃO** : Esta função retorna uma lista de descritores "viewports" do corrente "viewport" ativo.  
**FORMA GERAL** : ( **VPORTS** )

### c) Funções de conversão de dados:

**FUNÇÃO** : **ANGTOS**

DEFINIÇÃO : Esta função converte o valor numérico do ângulo para o tipo "string".

FORMA GERAL : ( ANGROS <ângulo> )

FUNÇÃO : ASCII

DEFINIÇÃO : Esta função converte o primeiro caracter da "string" para o código de caracter ASCII.

FORMA GERAL: ( ASCII <string> )

EXEMPLO : ( ASCII "A" ) retorna 65  
( ASCII "ATENÇÃO" ) retorna 65

FUNÇÃO : ATOF

DEFINIÇÃO : Esta função converte "string" para real.

FORMA GERAL : ( ATOF <string> )

EXEMPLO : ( ATOF "117.32" ) retorna 117.32

FUNÇÃO : ATOI

DEFINIÇÃO : Esta função converte "string" para inteiro.

FORMA GERAL : ( ATOI <string> )

EXEMPLO : ( ATOI "39" ) retorna 39  
( ATOI "23.3" ) retorna 23

FUNÇÃO : CHR

DEFINIÇÃO : Esta função converte um número inteiro, representando um código de caracter ASCII, no caracter correspondente.

FORMA GERAL: ( CHR <número inteiro> )

EXEMPLO : ( CHR 65 ) retorna "A"

FUNÇÃO : FIX

DEFINIÇÃO : Esta função converte um valor real em inteiro

FORMA GERAL : ( FIX <número real> )

EXEMPLO : ( FIX 3.9 ) retorna 3

FUNÇÃO : FLOAT

DEFINIÇÃO : Converte um valor inteiro em real.

FORMA GERAL : ( FLOAT <número inteiro> )

FUNÇÃO : ITOA  
 DEFINIÇÃO : Converte um valor inteiro em "string".  
 FORMA GERAL : ( ITOA <número inteiro> )  
 EXEMPLO : ( ITOA -3 ) retorna "-3"

FUNÇÃO : RTOS  
 DEFINIÇÃO : Converte um valor real para "string".  
 FORMA GERAL : ( RTOS <número real> )  
 EXEMPLO : ( RTOS 3.76 ) retorna "3.76"

FUNÇÃO : TRANS  
 DEFINIÇÃO : Converte um ponto de um sistema de coordenada para outro.  
 FORMA GERAL: ( TRANS <ponto> <sist. atual> <novo sist.> )

#### d) Funções geométricas:

FUNÇÃO : ANGLE  
 DEFINIÇÃO : Retorna o ângulo absoluto , em radianos, formado pela reta que une os dois pontos e o eixo-x.  
 FORMA GERAL: ( ANGLE <ponto1> <ponto2> )  
 EXEMPLO : ( ANGLE '(6.0 2.0) '(9.0 2.0)) retorna 3.14159

FUNÇÃO : DISTANCE  
 DEFINIÇÃO : Retorna a distância entre dois pontos.  
 FORMA GERAL : ( DISTANCE <ponto1> <ponto2> )

FUNÇÃO : INTERS  
 DEFINIÇÃO : Esta função retorna o ponto de interseção das duas retas formadas pelos dois primeiros pontos e os dois últimos pontos fornecidos. Se elas não se interceptarem retorna NIL.  
 FORMA GERAL : ( INTERS <ponto1> <ponto2> <ponto3> <ponto4>)

**FUNÇÃO : POLAR**

**DEFINIÇÃO :** Esta função retorna um ponto referenciado a partir de um ângulo, uma distância e um ponto

**FORMA GERAL:** ( POLAR <ponto> <ângulo> <distância> )

#### **e) Funções "string" :**

**FUNÇÃO : STRCASE**

**DEFINIÇÃO :** Converte os caracteres da "string" de minúscula para maiúscula.

**FORMA GERAL :** ( STRCASE <string> )

**EXEMPLO :** ( STRCASE "Exemplo" ) retorna EXEMPLO

**FUNÇÃO : STRCAT**

**DEFINIÇÃO :** Conecta "strings" em uma única "string".

**FORMA GERAL :** ( STRCAT <string> <string> ... )

**EXEMPLO :** ( STRCAT "A" "BC" "D" ) retorna ABCD

**FUNÇÃO : STRLEN**

**DEFINIÇÃO :** Retorna o número de caracteres da "string".

**FORMA GERAL :** ( STRLEN <string> )

**EXEMPLO :** ( STRLEN "coppe - ufrj" ) retorna 12

**FUNÇÃO : SUBSTR**

**DEFINIÇÃO :** Retorna uma "sub-string" da "string" fornecida, começando na posição e com o comprimento indicado.

**FORMA GERAL:** ( SUBSTR <string> <inicio> <comprimento> )

**EXEMPLO :** ( SUBSTR "ABCDEF" 3 2 ) retorna "CD"

#### **f) Funções de entrada de dados do usuário:**

**FUNÇÃO : GETANGLE**

**DEFINIÇÃO :** Esta função faz a entrada de um ângulo no sistema de ângulo corrente.

**FORMA GERAL:** ( GETANGLE [ <ponto> ] [ <mensagem> ] )



FUNÇÃO : GETCORNER

DEFINIÇÃO : Esta função aceita um ponto que é o vértice oposto do retângulo.

FORMA GERAL: ( GETCORNER <ponto> [ <mensagem> ] )

FUNÇÃO : GETDIST

DEFINIÇÃO : Esta função faz a entrada de dados da distância entre dois pontos.

FORMA GERAL: ( GETDIST [ <ponto> ] [ <mensagem> ] )

FUNÇÃO : INITGET

DEFINIÇÃO : Esta função estabelece as respostas possíveis à função GETxxx seguinte.

FORMA GERAL : ( INITGET [ <código de bits> ] [ <string> ] )

FUNÇÃO : GETWORD

DEFINIÇÃO : Esta função aceita uma "string" baseada na função INITGET.

FORMA GERAL : ( GETWORD [ <mensagem> ] )

EXEMPLO : ( INITGET 1 "SIM NAO" )

( GETWORD OPCA0

( GETWORD "IMPRIME ? (SIM / NAO) " ) )

FUNÇÃO : GETREAL

DEFINIÇÃO : Esta função faz entrada de um valor real.

FORMA GERAL : ( GETREAL [ <mensagem> ] )

FUNÇÃO : GETSTRING

DEFINIÇÃO : Esta função faz entrada de um valor "string".

FORMA GERAL : ( GETSTRING [ <MENSAGEM> ] )

#### h) Relações entre funções lógicas:

FUNÇÃO : >

DEFINIÇÃO : Retorna verdadeiro (T) se a lista de valores está em ordem decrescente.

FORMA GERAL : ( > <valor> <valor> <valor> ... )

EXEMPLO : ( > 10 5 ) retorna T  
 ( > 5 10 ) retorna NIL

FUNÇÃO : <

DEFINIÇÃO : Retorna verdadeiro se a lista de valores está em ordem crescente.

FORMA GERAL : ( < <valor> <valor> <valor> ... )

FUNÇÃO : >=

DEFINIÇÃO : Retorna verdadeiro se a lista de valores decresce ou é igual.

FORMA GERAL: ( >= <valor> <valor> <valor> ... )

FUNÇÃO : <=

DEFINIÇÃO : Retorna verdadeiro se a lista de valores cresce ou é igual.

FORMA GERAL: ( <= <valor> <valor> <valor> ... )

FUNÇÃO : /=

DEFINIÇÃO : Retorna verdadeiro se a lista de valores for diferente.

FORMA GERAL : ( /= <valor> <valor> <valor> ... )

FUNÇÃO : =

DEFINIÇÃO : Retorna verdadeiro se a lista de valores for igual.

FORMA GERAL : ( = <valor> <valor> <valor> ... )

FUNÇÃO : AND

DEFINIÇÃO : Retorna verdadeiro se todas as condições da lista forem verdadeiras.

FORMA GERAL: ( AND <condição> <condição> ... )

FUNÇÃO : ATOM

DEFINIÇÃO : Retorna verdadeiro se o item for um valor único e não uma lista.

FORMA GERAL : ( ATOM <ítem> )

EXEMPLO : ( ATOM 10 ) retorna T  
 ( ATOM '(10 20) ) retorna NIL

FUNÇÃO : BOUNDP

DEFINIÇÃO : Retorna verdadeiro se uma variável possui um valor associado a ela.

FORMA GERAL : ( BOUNDP <variável> )

FUNÇÃO : EQ

DEFINIÇÃO : Retorna verdadeiro se duas variáveis estão associados a um mesmo valor.

FORMA GERAL: ( EQ <variável> <variável> )

FUNÇÃO : OR

DEFINIÇÃO : Retorna verdadeiro quando uma condição da lista é verdadeiro.

FORMA GERAL: ( OR <condição> <condição> ... )

### i) Funções de programação:

FUNÇÃO : COND

DEFINIÇÃO : Calcula funções baseado em uma lista de condições dadas.

FORMA GERAL : ( COND ( <teste1> <resultado1> ) ... )

EXEMPLO : ( COND ( ( = opcao "S" ) 1 )  
 ( ( = opcao "s" ) 1 )  
 ( ( = opcao "N" ) 0 )  
 ( ( = opcao "n" ) 0 ) )

FUNÇÃO : FOREACH

DEFINIÇÃO : Executa repetidamente cálculos de funções para uma lista de valores.

FORMA GERAL : ( FOREACH <nome> <lista> <expressão> )

EXEMPLO : ( FOREACH letra '(a b c) (print letra) )  
 É equivalente a:  
 (print a) (print b) (print c)

FUNÇÃO : IF

DEFINIÇÃO : Efetua função baseado numa expressão lógica.

FORMA GERAL : ( IF <expressão> <função se verdadeiro>  
[ <função se falso> ]  
)

FUNÇÃO : **PROGN**

DEFINIÇÃO : Processa um conjunto de funções como se fosse uma única função.

FORMA GERAL : ( **PROGN** <função> <função> ... )

FUNÇÃO : TRACE  
DEFINIÇÃO : Mostra resultados e entrada de funções.  
FORMA GERAL : ( TRACE <função> ... )

FUNÇÃO : UNTRACE  
DEFINIÇÃO : Desativa a função TRACE.  
FORMA GERAL : ( UNTRACE <função> ... )

FUNÇÃO : WHILE

DEFINIÇÃO : Efetua funções enquanto a expressão lógica é verdadeira.

FORMA GERAL : ( WHILE <expressão lógica> <função> )

j) Funções para controle de periféricos:

FUNÇÃO : GRCLEAR

DEFINIÇÃO : Limpa temporariamente a tela gráfica. O conteúdo da tela pode ser recuperado com REDRAW.

FORMA GERAL : ( GRCLEAR )

FUNÇÃO : GRDRAW  
DEFINIÇÃO : Desenha um vetor entre dois pontos.  
FORMA GERAL : ( GRDRAW <ponto1> <ponto2> <cor> )

## 1) Funções de gerenciamento de memória:

FUNÇÃO : ALLOC

DEFINIÇÃO : Especifica o tamanho dos segmentos de memória

FORMA GERAL : ( ALLOC <número> )

FUNÇÃO : EXPAND

DEFINIÇÃO : Aloca manualmente o número especificado de segmentos de memória.

FORMA GERAL: ( EXPAND <número> )

FUNÇÃO : GC

DEFINIÇÃO : Torna todos os nós (segmentos) de memória não utilizados disponíveis.

FORMA GERAL : ( GC )

FUNÇÃO : MEM

DEFINIÇÃO : Mostra o estado corrente da memória AUTOLISP.

FORMA GERAL : ( MEM )

FUNÇÃO : VMOM

DEFINIÇÃO : Capacita a função de paginação da memória virtual.

FORMA GERAL: ( VMOM )

## m) Funções de entidades de desenho:

FUNÇÃO : ENTDEL

DEFINIÇÃO : Apaga entidades do banco de dados de desenhos

FORMA GERAL : ( ENTDEL <nome da entidade> )

FUNÇÃO : ENTGET

DEFINIÇÃO : Restabelece uma lista associada de entidade

FORMA GERAL : ( ENTGET <nome da entidade> )

FUNÇÃO : ENTLAST

DEFINIÇÃO : Restabelece a última entidade do banco de dados de desenho.

FORMA GERAL: ( ENTLAST )

FUNÇÃO : ENTMOD

DEFINIÇÃO : Modifica uma lista associada de entidades.

FORMA GERAL : ( ENTMOD <nome da entidade> )

FUNÇÃO : ENTNEXT

DEFINIÇÃO : Retorna uma entidade que segue a entidade dada.

FORMA GERAL: ( ENTNEXT [ <nome de entidade> ] )

FUNÇÃO : ENTSEL

DEFINIÇÃO : Seleciona uma entidade no ponto dado pelo usuário.

FORMA GERAL: ( ENTSEL [ <mensagem> ] )

FUNÇÃO : ENTUPD

DEFINIÇÃO : Gera novamente a entidade na tela.

FORMA GERAL : ( ENTUPD <nome de entidade> )

FUNÇÃO : SSADD

DEFINIÇÃO : Adiciona o nome de uma entidade a um conjunto selecionado.

FORMA GERAL : ( SSADD [ <nome de entidade> ] )

FUNÇÃO : SSDEL

DEFINIÇÃO : Apaga o nome de uma entidade de um determinado conjunto.

FORMA GERAL: ( SSDEL <nome de entidade> <conjunto> )

FUNÇÃO : SSGET

DEFINIÇÃO : Cria um conjunto de entidades fornecidas pelo usuário.

FORMA GERAL : ( SSGET [<modo>] [<ponto1>] [<ponto2>] )

**FUNÇÃO** : **SSLENGTH**

**DEFINIÇÃO** : Retorna o comprimento do conjunto selecionado

**FORMA GERAL** : ( **SSLENGTH** <nome do conjunto> )

**FUNÇÃO** : **SSMEMB**

**DEFINIÇÃO** : Retorna verdadeiro se a entidade faz parte do conjunto selecionado.

**FORMA GERAL** : ( **SSMEMB** <nome de entidade> <conjunto> )

**FUNÇÃO** : **SSNAME**

**DEFINIÇÃO** : Retorna o nome das entidades do interior do conjunto.

**FORMA GERAL**: ( **SSNAME** <nome do conjunto> )

#### n) Funções de listas:

**FUNÇÃO** : **APPEND**

**DEFINIÇÃO** : Converte listas em uma única lista.

**FORMA GERAL** : ( **APPEND** <lista> <lista> ... )

**FUNÇÃO** : **CAR**

**DEFINIÇÃO** : Retorna o primeiro elemento de uma lista.

**FORMA GERAL** : ( **CAR** <lista> )

**FUNÇÃO** : **CADR**

**DEFINIÇÃO** : Retorna o segundo elemento de uma lista.

**FORMA GERAL** : ( **CADR** <lista> )

**FUNÇÃO** : **CONS**

**DEFINIÇÃO** : Acrescenta um novo valor à lista, na primeira posição.

**FORMA GERAL** : ( **CONS** <novo primeiro valor> <lista> )

**FUNÇÃO** : **LAST**

**DEFINIÇÃO** : Retorna o último elemento de uma lista.

**FORMA GERAL** : ( **LAST** <lista> )

FUNÇÃO : LENGTH  
 DEFINIÇÃO : Retorna o número de elementos de uma lista.  
 FORMA GERAL : ( LENGTH <lista> )

FUNÇÃO : LIST  
 DEFINIÇÃO : Forma uma lista a partir de elementos isolados.  
 FORMA GERAL: ( LIST <valor> <valor> ... )

FUNÇÃO : REVERSE  
 DEFINIÇÃO : Reverte a ordem dos elementos em uma lista.  
 FORMA GERAL : ( REVERSE <lista> )

FUNÇÃO : SUBST  
 DEFINIÇÃO : Substitui elemento dado por elemento da lista  
 FORMA GERAL : ( SUBST <novo item> <velho item> <lista> )

o) Manuseando arquivos e imprimindo funções:

FUNÇÃO : CLOSE  
 DEFINIÇÃO : Fecha arquivos em disco.  
 FORMA GERAL : ( CLOSE <nome do arquivo> )

FUNÇÃO : FINDFILE  
 DEFINIÇÃO : Localiza arquivos com a busca do AutoCAD.  
 FORMA GERAL : ( FINDFILE <nome do arquivo> )

FUNÇÃO : LOAD  
 DEFINIÇÃO : Carrega arquivo AutoLISP.  
 FORMA GERAL : ( LOAD <nome do arquivo> )

FUNÇÃO : OPEN  
 DEFINIÇÃO : Abre arquivo em disco para acesso.  
 FORMA GERAL : ( OPEN <nome do arquivo> <modo> )



FUNÇÃO : PRINT  
 DEFINIÇÃO : Imprime avanço de linha.  
 FORMA GERAL : ( PRINT <expressão> [ <arquivo> ] )

FUNÇÃO : READ-CHAR  
 DEFINIÇÃO : Lê caractere do teclado ou de um arquivo.  
 FORMA GERAL : ( READ-CHAR [ <arquivo> ] )

FUNÇÃO : READ-LINE  
 DEFINIÇÃO : Lê "string" do teclado ou de um arquivo.  
 FORMA GERAL : ( READ-LINE [ <arquivo> ] )

FUNÇÃO : WRITE-CHAR  
 DEFINIÇÃO : Escreve caractere em um arquivo aberto para impressão.  
 FORMA GERAL: ( WRITE-CHAR <caractere> <arquivo> )

FUNÇÃO : WRITE-LINE  
 DEFINIÇÃO : Escreve "string" em um arquivo aberto para impressão.  
 FORMA GERAL : ( WRITE-LINE <string> <arquivo> )

#### p) Funções diversas:

FUNÇÃO : PI  
 DEFINIÇÃO : Valor de pi, aproximadamente 3.14159  
 FORMA GERAL : PI

FUNÇÃO : \*ERROR\*  
 DEFINIÇÃO : Avalia as funções se existir condição de erro  
 FORMA GERAL : ( \*error\* <mensagem> )

FUNÇÃO : C:  
 DEFINIÇÃO : Prefixo que indica que uma função trabalha como um comando do AutoCAD.  
 FORMA GERAL: C:<nome da função>

**FUNÇÃO : DEFUN**

**DEFINIÇÃO** : Define novas funções.

```
FORMA GERAL : ( DEFUN  <nome da função> <argumentos>
                <expressão> ...
                )
```

**FUNÇÃO : SETQ**

**DEFINIÇÃO** : Cria variáveis ou atribui valores a elas.

**FORMA GERAL :** ( SETQ <variável> <expressão> )

**FUNÇÃO : PROMPT**

**DEFINIÇÃO** : Envia uma mensagem à tela na área de "prompt"

**FORMA GERAL : ( PROMPT <mensagem> )**

**FUNÇÃO : REPEAT**

**DEFINIÇÃO** : Avalia funções um determinado número de vezes

FORMA GERAL : ( REPEAT <número> <expressão> )

## APÊNDICE B

## MANUAL DE UTILIZAÇÃO DO AUTOSALT

## B.1) INTRODUÇÃO:

O AutoSALT é um pré-processador gráfico que permite com rapidez a geração de arquivos de entrada de dados para o sistema SALT, a partir de desenhos que representam modelos estruturais, criados via AutoCAD.

Para a utilização do módulo AutoSALT é necessário um microcomputador (16 bits) com um mínimo de 640 kbytes de memória RAM, equipado com um disco rígido de no mínimo 10 Mbytes e com co-processador aritmético, bem como a Release 10 do AutoCAD. De preferência, deve-se utilizar um monitor colorido para melhor aproveitar a potencialidade de representação gráfica deste módulo.

O AutoSALT foi estruturado para ser compatível com o Sistema SALT também em relação aos limites do modelo estrutural (número máximo de nós, de elementos, etc.). Estes limites são bastante amplos, sendo, em termos práticos, a quantidade de memória auxiliar disponível no equipamento o seu fator delimitante.

O módulo AutoSALT é implantado no sub-diretório AUTOSALT do diretório SALT do *drive* C. Recomenda-se que o diretório de trabalho seja outro e não o do próprio sistema. O módulo é composto pelos seguintes arquivos:

AUTOSALT.EXE → Executável que gerencia todo o módulo.  
CONFIG.EXE → Executável que configura o módulo.

INPUTARQ.EXE	→ Executável que interpreta o desenho.
SALTIN.EXE	→ Executável que gera o arquivo para o SALT.
EDTMAT.EXE	→ Comando para o AutoCAD personalizado.
EDTSEC.EXE	→ Comando para o AutoCAD personalizado.
PPROPRIO.EXE	→ Comando para o AutoCAD personalizado.
VERARQ.EXE	→ Comando para o AutoCAD personalizado.
AUTOSALT.LSP	→ Contém rotinas LISP dos novos comandos do AutoCAD personalizado.
ACAD.PGP	→ Permite que arquivos executáveis sejam comandos do AutoCAD.
ACAD.HLP	→ Contém os textos para o comando <i>HELP</i> do AutoCAD.
ACAD.HLX	→ Arquivo <i>HELP</i> do AutoCAD "compilado".
AUTOSALT.DWG	→ Arquivo de desenho padrão, inicial, dos desenhos criados no AutoCAD personalizado.
APOIOTRI.DWG	→ Desenho de um apoio tridimensional.
APOIO_01.DWG	→ Desenho de um apoio de primeiro gênero.
APOIO_02.DWG	→ Desenho de um apoio de segundo gênero.
APOIO_03.DWG	→ Desenho de um apoio de terceiro gênero.
CONCENT.DWG	→ Desenho no plano-xy de uma carga concentrada.
NCONCENT.DWG	→ Desenho no espaço de uma carga concentrada.
MOMENTO.DWG	→ Desenho no plano-xy de um momento concentrado.
NMOMENTO.DWG	→ Desenho no espaço de um momento concentrado.
ROTULA.DWG	→ Desenho de uma rótula.
ABANDONA.SCR	→ Arquivo do tipo <i>script</i> .
AMBIENTE.SCR	→ Arquivo do tipo <i>script</i> .

**TERMINAR.SCR** → Arquivo do tipo *script*.

**DEMO.EXE** → Executável que mostra imagens de modelos estruturais criados pelo AutoSALT.

**DEMO.SLD** → Arquivo com as imagens para o DEMO.

**AUTOSALT.MNU** → Arquivo fonte do novo menu para o AutoCAD.

**AUTOSALT.MNX** → Arquivo "compilado" do novo menu.

Os modelos estruturais que podem ser gerados pelo AutoSALT, ou seja, os arquivos de entrada de dados que podem ser gerados, são os seguintes:

- Treliça plana
- Treliça espacial
- Pórtico plano
- Pórtico espacial
- Grelha
- Estado plano de tensões
- Estado plano de deformações
- Placa
- Sólido
- Casca

## **B.2) AMBIENTE DO AUTOSALT:**

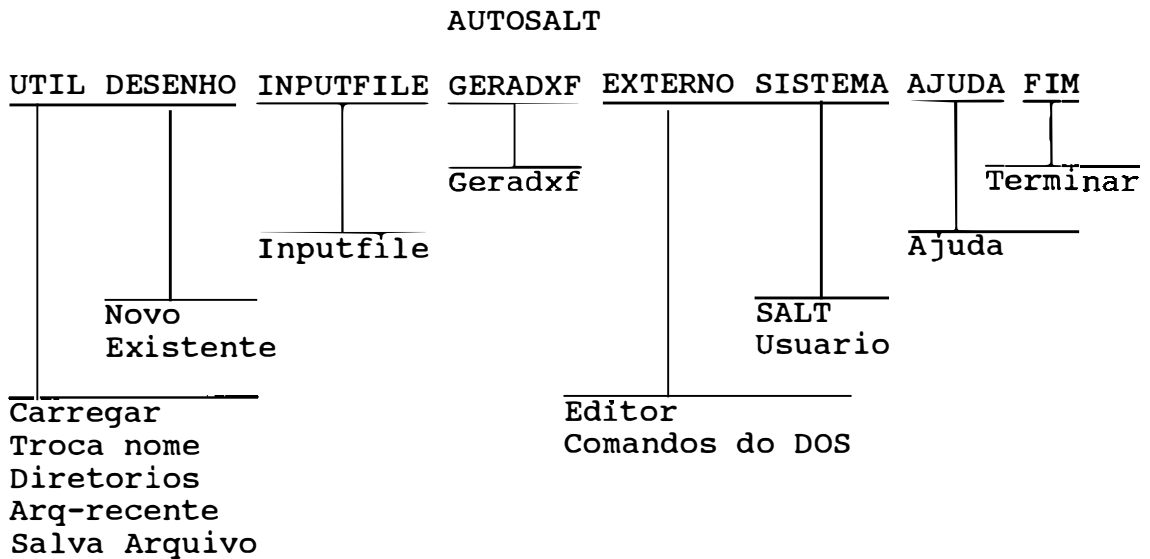
Para executar o AutoSALT pode ser utilizado um dos dois procedimentos a saber:

- 1 - Diretamente do sistema operacional, digitando-se AUTOSALT. Em seguida, deverá ser digitado o nome do "arquivo de trabalho".
- 2 - Diretamente do sistema operacional, digitando-se AUTOSALT e o nome do "arquivo de trabalho" como parâmetro.

O "arquivo de trabalho" tem nome genérico (sem extensão), que representa um grupo de arquivos que possuem este nome e tem extensão diferente. Para gerar o arquivo de entrada de dados para o Sistema SALT, o AutoSALT gera vários arquivos intermediários. Estes arquivos possuem o mesmo nome do arquivo de trabalho e com extensão diferente.

Após a carregamento do AutoSALT e a definição do arquivo de trabalho, é apresentada a tela principal, com um menu que contém todos os recursos que o módulo gerenciador dispõe.

O esquema da figura B.1 mostra as opções do menu principal, com todas as sub-opções disponíveis no módulo.



**FIGURA B.1 - Opções do Menu Principal do AutoSALT**

Para selecionar uma determinada opção do menu principal, deve-se digitar a tecla da letra inicial da opção ou então utilizar as teclas → ou ← . Escolhida

a opção, deve-se pressionar a tecla <ENTER> ou <RETURN>. Quando a opção oferecer sub-opções, deve-se digitar a tecla da letra inicial da sub-opção ou as teclas ↑ ou ↓ para selecionar, e pressionar a tecla <ENTER> ou <RETURN> para executar a sub-opção. Para retornar ao menu principal, deve-se digitar a tecla <ESC> .

A qualquer instante pode-se recorrer a uma tela de ajuda (*HELP*) pressionando a tecla de função <F1> . Então, um pequeno texto sobre a opção que está selecionada será apresentado. Para cancelar o *HELP*, deve-se pressionar a tecla <ESC> .

A seguir, é descrito o funcionamento de cada uma das opções e sub-opções oferecidas pelo gerenciador do módulo AutoSALT.

**OPÇÃO ÚTIL :** É através desta opção que se tem acesso a vários recursos que permitem obter um bom desempenho do AutoSALT. Ao ser utilizada esta opção, é aberta uma janela com as várias sub-opções. Carregar um novo "arquivo de trabalho", trocar o nome do arquivo carregado, são algumas das sub-opções oferecidas. Para cancelar esta opção, e retornar ao menu principal, deve-se pressionar a tecla <ESC> .

**SUB-OPÇÃO CARREGAR :** Utiliza-se esta sub-opção para definir um novo "arquivo de trabalho" . É apresentada uma janela onde deve-se digitar o nome do conjunto de arquivos. Para desistir da opção deve-se pressionar a tecla <ESC> .

**SUB-OPÇÃO TROCA NOME** : Utiliza-se esta sub-opção para trocar o nome do "arquivo de trabalho" , ou seja, troca-se o nome de todos os arquivos que compõem o conjunto de arquivos. Esta opção atua sobre o "arquivo de trabalho" que está carregado. Para cancelar esta sub-opção, deve-se pressionar a tecla <ENTER> .

**SUB-OPÇÃO DIRETÓRIOS** : Utiliza-se esta sub-opção para definir o diretório que está armazenado o AutoCAD , bem como o diretório do editor de texto definido pelo usuário para trabalhar com o módulo AutoSALT. O nome deste diretórios é armazenado no arquivo AUTOSALT.DIR, através da sub-opção SALVA ARQUIVOS da opção ÚTIL. Para cancelar esta sub-opção, deve-se pressionar a tecla <ESC> .

**SUB-OPÇÃO ARQ-RECENTES** : Esta sub-opção é um rápido procedimento para se carregar um "arquivo de trabalho" anteriormente utilizado. O AutoSALT armazena o nome dos dez últimos "arquivos de trabalho" utilizados.

A escolha do "arquivo de trabalho" é feita através das teclas ↑ e ↓ .

Os nomes destes arquivos podem ser salvos no arquivo AUTOSALT.REC, para ser utilizado em nova sessão, através da sub-opção SALVA ARQUIVOS da opção ÚTIL. Se o arquivo não existir, ou seja, não tiver sido criado em uma sessão anterior, somente são armazenados os arquivos utilizados na presente sessão de trabalho.

Para cancelar esta sub-opção e retornar à opção ÚTIL, deve-se pressionar a tecla <ESC> .



**SUB-OPÇÃO SALVA ARQUIVO :** É através desta sub-opção que se define, respondendo SIM ou NÃO, se os arquivos de DIRETÓRIO e de ARQUIVOS RECENTES vão ser salvos.

Para cancelar esta sub-opção e retornar à opção ÚTIL, deve-se pressionar a tecla <ESC>.

**OPÇÃO DESENHO :** É através desta opção que é carregado o pacote gráfico AutoCAD, que vai criar os desenhos. O AutoCAD é carregado automaticamente, ou seja, de forma transparente, sem interferência direta do usuário. Se o arquivo não existir, então ele é criado. Se existir, então é carregado.

**OPÇÃO INPUTFILE :** Esta opção gera o arquivo de entrada de dados a partir do desenho criado pelo AutoCAD, descrito no arquivo em formato DXF. Para que isto seja possível, é necessário que tenha sido criado o desenho do modelo estrutural via AutoCAD e, conseqüentemente, todos os arquivos intermediários necessários para a geração do arquivo de entrada de dados. Se algum arquivo básico não existir, o processo é interrompido e o módulo retorna ao menu principal, apresentando uma mensagem de alerta.

**OPÇÃO GERADXF :** Esta opção gera um arquivo no formato DXF, e conseqüentemente um arquivo de desenho para o AutoCAD, através de um arquivo de entrada de dados já pronto.

**OPÇÃO EXTERNO :** É através desta opção que há a possibilidade de se executar comandos externos ao AutoSALT. Ao ser utilizada, é aberta uma janela com as sub-opções disponíveis.

**SUB-OPÇÃO EDITOR :** Através desta sub-opção, pode-se acessar um editor de texto, pré-definido na configuração, sem sair do AutoSALT. Ao terminar o uso do editor, o controle de execução retorna ao AutoSALT. É preciso que o diretório onde está o editor escolhido tenha sido definido na sub-opção DIRETÓRIO da opção ÚTIL.

**SUB-OPÇÃO COMANDOS DOS :** É através desta sub-opção que é possível fazer uma saída temporária do AutoSALT para o ambiente do sistema operacional. Assim, é possível executar, dentro da limitação da memória RAM, todos os comandos da versão corrente do sistema operacional. Para retornar ao AutoSALT deve-se digitar EXIT.

**OPÇÃO SISTEMAS :** É nesta opção que se define se o arquivo de dados vai ser gerado no formato utilizado pelo Sistema SALT, ou se em outro formato definido pelo usuário. Para que seja gerado um outro formato diferente que o do Sistema SALT é necessário que exista o arquivo executável USERIN.EXE .

**OPÇÃO AJUDA :** Esta opção permite ter acesso a um pequeno texto que descreve todas as opções e sub-opções do AutoSALT. Esta opção difere da tecla <F1> porque ela

apresenta um *help* apenas da opção ativa e esta opção apresenta um *help* de todas as opções. Para retornar ao menu principal, deve-se pressionar a tecla <ESC> .

**OPÇÃO FIM :** Utiliza-se esta opção para sair definitivamente do AutoSALT, ou seja, para encerrar a sessão de trabalho.

### B.3) UTILIZAÇÃO DO EDITOR DE DESENHOS:

O editor de desenhos, neste caso o AutoCAD *Release 10*, é o *software* que vai possibilitar a criação do desenho do modelo estrutural.

O AutoSALT possibilita, dentro do editor de desenho, que seja definido tanto as características geométricas da estrutura, como também as condições de contorno, o carregamento, o tipo de material do elemento, etc.

Quando se acessa o editor de desenho, é verificado se já existe ou não o arquivo de desenho. Se existir, é carregado o desenho. Se não existir, deve-se definir o tipo do modelo estrutural a ser construído, para que o arquivo de desenho seja criado.

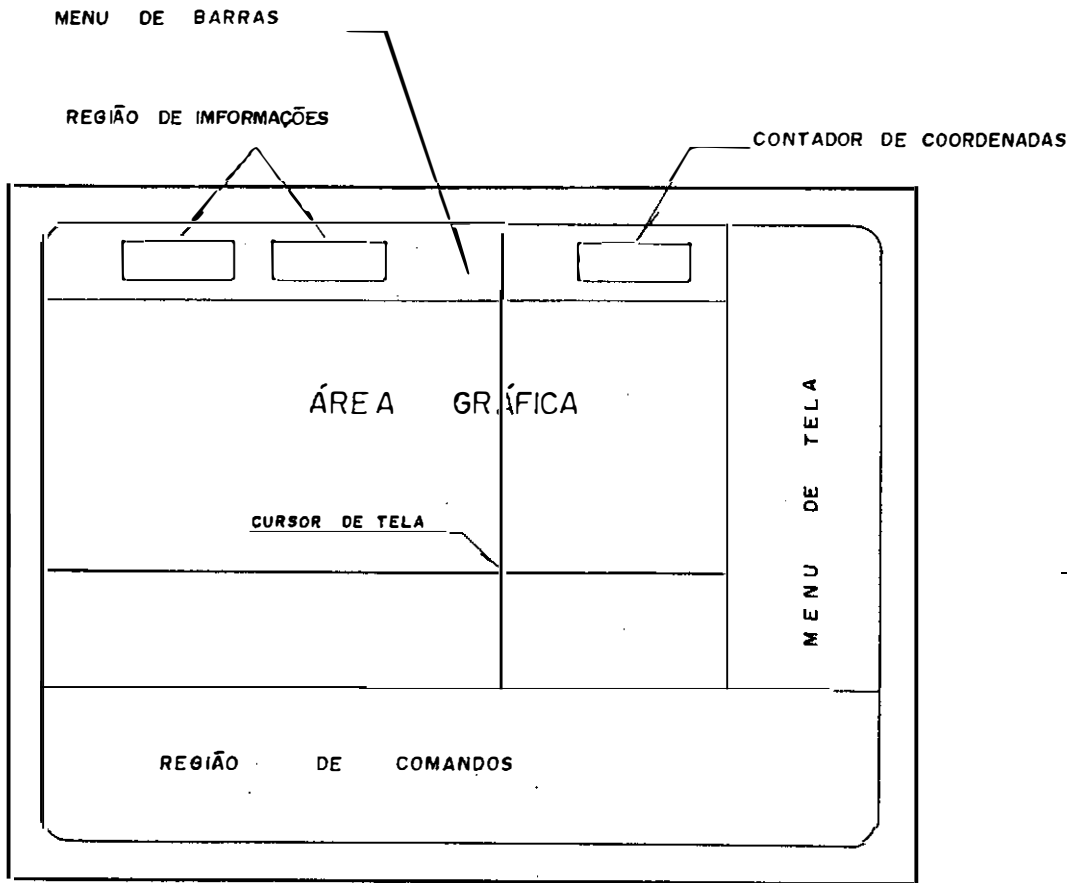
O AutoCAD é então carregado.

O AutoSALT identifica, através do tipo do modelo estrutural se o desenho a ser construído é tridimensional ou plano. Obtida esta informação, é criado um ambiente inicial que melhor se adapte ao desenho da estrutura.

Após o AutoCAD ter sido carregado e o ambiente inicial ter sido construído, procede-se o carregamento das rotinas

LISP que definem novos comandos para o AutoCAD, bem como o arquivo AUTOSALT.MNU que contém o novo menu para o ambiente de desenho. Todos estes procedimentos são executados automaticamente, de forma transparente para o usuário.

A seguinte tela é então apresentada:



**FIGURA B.2 - Tela do AutoCAD personalizado**

**ÁREA GRÁFICA:** É a região do monitor onde é criado o desenho que representará o modelo estrutural.

**REGIÃO DE COMANDOS:** É a área do monitor reservada para o usuário acessar ou responder a comandos. Todos os

comandos podem ser acessados via teclado, ou seja, utilizando a região de comandos, digitando-se o nome do comando e finalizando com <RETURN> ou a barra espaçadora. A barra espaçadora funciona como <RETURN> para a maioria dos comandos do AutoCAD.

**MENU DE TELA:** É a região do monitor onde estão dispostos os comandos da versão personalizada do AutoCAD. É um modo prático de se acessar comandos sem ter que digitar seu nome. Utilizam-se as teclas ↑ e ↓ para acessar um comando e a tecla <RETURN> para ativá-lo. Para passar da região de comandos para o menu de tela, deve-se pressionar a tecla <INS>, de inserção. E, para passar da região de menus para a região de comandos, deve-se pressionar duas vezes a tecla ← ou a tecla → .

**CURSOR DE TELA:** O cursor de tela corresponde a duas linhas, perpendiculares entre si, presentes na área gráfica. A interseção destas duas linhas é o ponto de referência da posição do usuário em relação à área gráfica. A movimentação do cursor pode ser feita via teclado, via mesa digitalizadora ou através de um mouse.

**CONTADOR DE COORDENADAS:** Toda a área gráfica é um plano coordenado em relação à origem (0,0). Quando o cursor estiver em movimento, o contador de coordenadas mostra a posição absoluta deste a cada instante, em coordenadas cartesianas ou polares. O contador de coordenada pode ser ativado e desativado através da tecla de função <F6> .

**REGIÃO DE INFORMAÇÕES:** A região de informações mostra ao usuário qual o nível de trabalho (*layer*) que está ativo e, se os comandos *SNAP*, *ORTHO* e *TABLET* estão ou não ativos.

Os comandos disponíveis no menu de tela são apresentados hierarquicamente, a partir do menu principal, do seguinte modo:

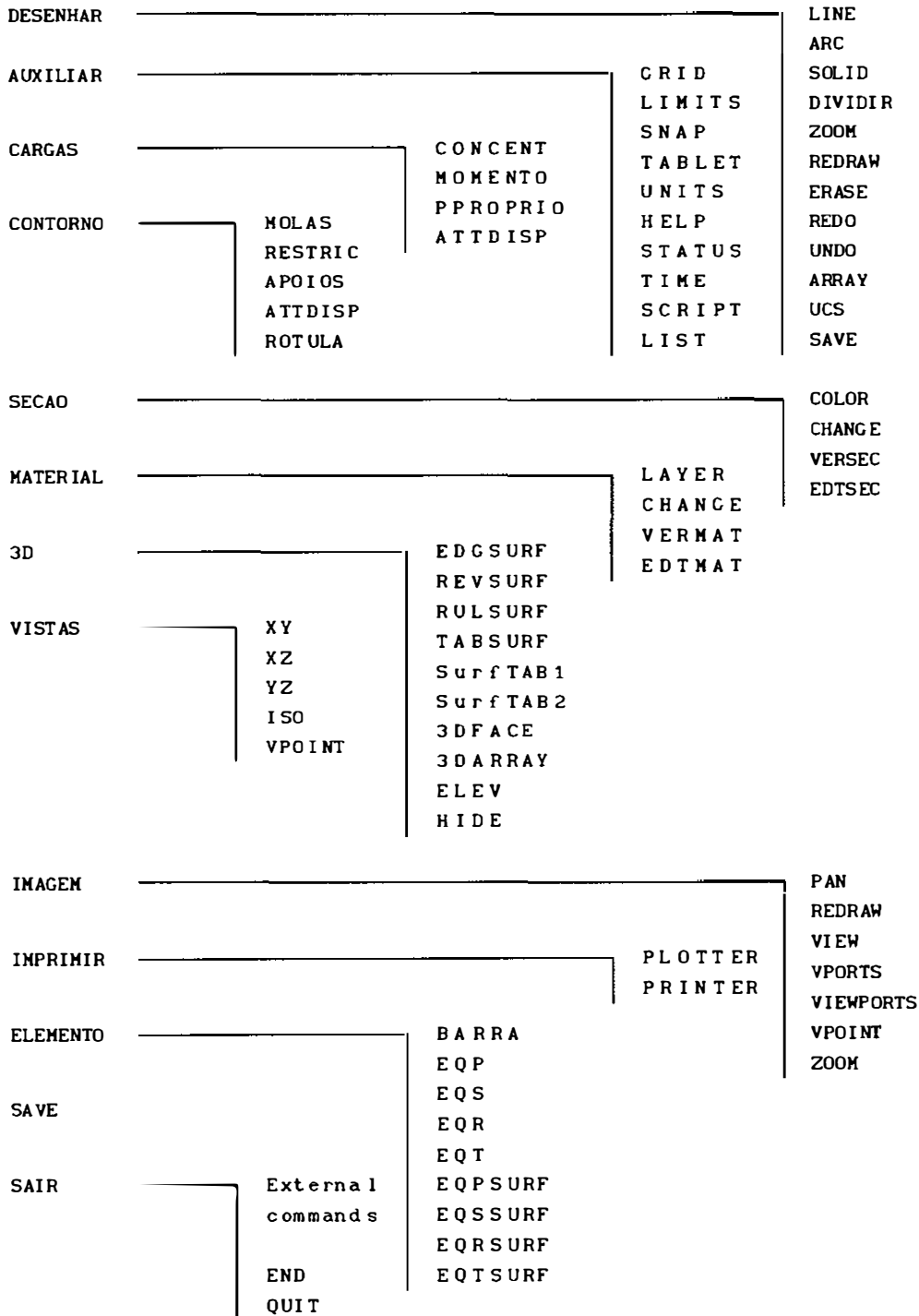


FIGURA B.3 - Hierarquia dos comandos

#### B.4) DESCRIÇÃO DE USO DOS NOVOS COMANDOS:

Para a personalização do AutoCAD tornou-se necessário a inibição dos comando que não seriam úteis na geração de desenhos de modelos estruturais, bem como a criação de novos comandos para facilitar a geração destes desenhos.

Os comandos que foram criados são rotinas LISP, ou programas executáveis desenvolvidos em linguagem Turbo Pascal, ou ainda rotinas *scripts*. O desenvolvimento dos comandos utilizando estas técnicas é descrito no capítulo IV deste trabalho.

A seguir, apresenta-se uma descrição detalhada destes comandos. Somente os novos comandos são descritos.

**DIVIDIR:** Este comando serve para dividir uma entidade do tipo *CIRCLE* (círculo) ou *ARC* (arco) em segmentos de reta. O número de segmentos em que a entidade é dividida é determinado pelo usuário. Este comando é importante porque o SALT somente reconhece elementos reticulados retos. Este comando permite também a divisão de entidades do tipo *LINE* (linha / reta), bastante útil quando se tem que desenhar vários segmentos de reta alinhados. Para ativar o comando deve-se proceder do seguinte modo:

- Digitar na região de comandos **DIVIDIR** ou, através do menu de tela, selecionar a opção **DESENHAR** e em seguida selecionar a sub-opção **DIVIDIR**.
- A seguinte interação é desenvolvida:

**Command:** **DIVIDIR**

**Escolha o elemento:** {a entidade é então selecionada}

**Numero de segmentos:** {digita-se o número de segmentos}

**CONCENT:** Este comando serve para se aplicar uma carga concentrada nodal. Existem duas situações a ser consideradas: a carga aplicada está contida no plano-xy (carga no PLANO) ou a carga é normal ao plano-xy (carga no ESPAÇO). Quando a carga está contida no plano-xy, deve-se informar ainda o ângulo que a carga forma com o eixo-x. Para ativar o comando deve-se proceder do seguinte modo:

- Digitar na região de comando CONCENT ou, através do menu de tela, selecionar a opção CARGAS e em seguida selecionar a sub-opção CONCENT.
- A seguinte interação é desenvolvida:

Command: CONCENT

AutoSALT - Versao 1.0 NOV/1991

Tipo de carga (Plano/Espaco): <Plano>

{ Aqui deve-se responder se a carga vai estar contida no plano-xy (PLANO), situação *default*, ou se a carga vai estar normal ao plano-xy (ESPAÇO). Deve-se então, digitar PLANO, ESPACO ou apertar a tecla <ENTER> para responder à situação *default*. Se for respondido PLANO, a seguinte mensagem é apresentada:

Angulo da carga com o eixo-x: <0>

Deve-se então digitar o ângulo que a carga vai formar com o eixo-x. A resposta *default* é zero.}

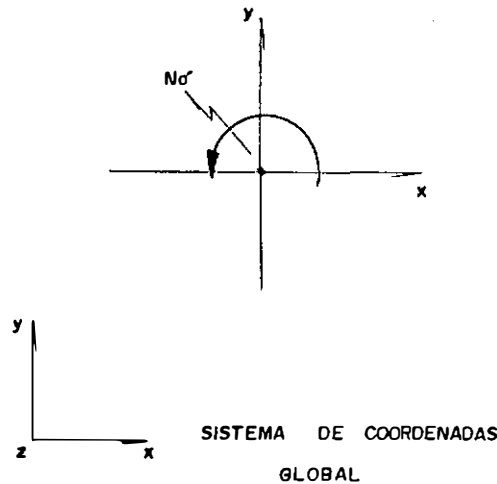
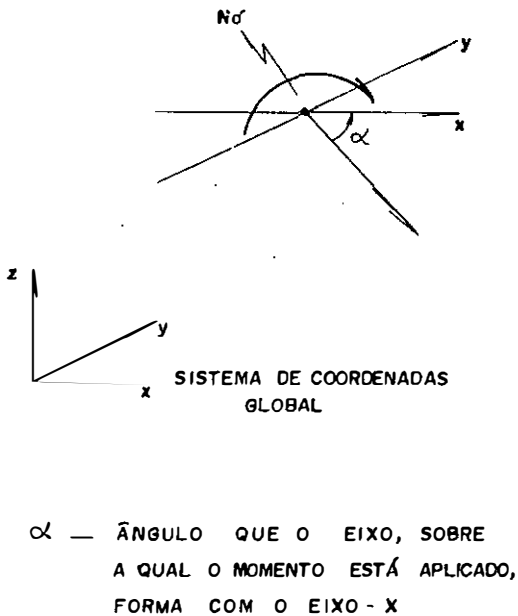
No de aplicacao da carga :

{ Deve-se então fornecer o nó onde a carga vai ser aplicada. Se for fornecido um ponto que não é um nó, a carga vai ser ignorada pelo tradutor.}

Valor da carga aplicada :



**MOMENTO:** Este comando serve para se aplicar um momento concentrado nodal. Existem duas situações a ser consideradas: o momento é aplicado em relação a um eixo contido no plano-xy (carga no ESPACO) ou o momento é aplicado em relação a um eixo normal ao plano-xy (carga no PLANO). Quando a carga é no ESPACO, deve-se informar ainda o ângulo que o eixo, sobre a qual o momento é aplicado, forma com o eixo-x. A figura abaixo representa esta duas situações.

MOMENTO NO PLANO	MOMENTO NO ESPAÇO
 <p>SISTEMA DE COORDENADAS GLOBAL</p>	 <p>SISTEMA DE COORDENADAS GLOBAL</p> <p><math>\alpha</math> — ÂNGULO QUE O EIXO, SOBRE A QUAL O MOMENTO ESTÁ APLICADO, FORMA COM O EIXO - X</p>

**FIGURA B.4 - Representação do Momento**

Para ativar o comando deve-se proceder do seguinte modo:

- Digitar na região de comando MOMENTO ou, através do menu de tela, selecionar a opção CARGAS e em seguida, selecionar a sub-opção MOMENTO.
- A seguinte interação é desenvolvida:

Command: MOMENTO

AutoSALT - Versao 1.0 NOV/1991

Tipo de carga (Plano/Espaco): <Plano>

{ Aqui deve-se responder se o momento está no PLANO ou no ESPACO, conforme explicações anteriores. Deve-se digitar PLANO, ESPACO ou apertar a tecla <ENTER> para responder à situação *default*. Se for respondido ESPACO, a seguinte mensagem é apresentada:

Angulo do momento com o eixo-x: <0>

Deve-se então digitar o ângulo que o eixo em relação a qual o momento está aplicado vai formar com o eixo-x. A resposta *default* é zero.}

No de aplicacao da carga :

{ Deve-se aqui fornecer o nó onde o momento vai ser aplicado. Se for fornecido um ponto que não é um nó, o momento vai ser ignorado pelo tradutor.}

Valor do momento aplicado :

{ Informa-se aqui o valor do momento aplicado, um desenho representando o momento aplicado é feito, concluindo-se a execução do comando.}

**PPROPRIO:** Este comando serve para se definir se o peso próprio da estrutura vai ser ou não considerado. Se for considerado deve-se definir o valor das relações  $g_x/g$ ,  $g_y/g$  e  $g_z/g$ . Onde  $g_x$ ,  $g_y$  e  $g_z$  são os componentes da aceleração da gravidade nas direções X, Y e Z do Sistema Global. Para ativar este comando deve-se proceder do seguinte modo:

- Digitar na região de comando PPROPRIO ou através do menu de tela, selecionar a opção CARGAS, e em seguida selecionar a sub-opção PPROPRIO.

- A seguinte interação é desenvolvida:

**Peso Proprio - Componentes da aceleracao da gravidade**

**Gx/g: 0.00**

**Gy/g: 0.00**

**Gz/g: -1.00**

{ Valores *default* de componentes da gravidade. }

**Considera o peso proprio da estrutura: <SIM>**

{ Deve-se digitar como resposta SIM, NAO ou pressionar a tecla <ENTER> para responder à situação *default*. }

- Se a resposta à mensagem anterior for SIM, a execução do comando continua:

**Deseja alterar o valor das componentes: <SIM>**

{ Deve-se digitar como resposta SIM, NAO ou pressionar a tecla <ENTER> para responder à situação *default*. }

- Se a resposta à mensagem anterior for SIM, a execução do comando continua, pedindo que se forneçam os novos valores das componentes.

**Peso Proprio - Componentes da aceleracao da gravidade**

**Gx/g:**

**Gy/g:**

**Gz/g:**

**MOLAS:** Este comando serve para se definir ou alterar o valor das constantes de mola de um determinado apoio. A situação *default* é a constante de mola igual a zero, em todas as direções. Enquanto não for alterado, todos os apoios aplicados à estrutura desenhada terão como constante de mola os valores aqui definidos. Para ativar o comando deve-se proceder do seguinte modo:

- Digitar na região de comandos **MOLAS** ou através do menu de tela, selecionar a opção **APOIOS**, e em seguida selecionar a sub-opção **MOLAS**.

- A seguinte interação então é desenvolvida:

**Command: MOLAS**

**AutoSALT - Versao 1.0 NOV/1991**

**Constante de mola em cada direcao:**

**Mola1: 0.00 Mola2: 0.00 Mola3: 0.00**

**Mola4: 0.00 Mola5: 0.00 Mola6: 0.00**

**Alterar (Mola1,Mola2,Mola3,Mola4,Mola5,Mola6):**

{Deve-se então digitar uma das opções acima, referentes ao novo valor da constante de mola na direção da restrição.}

**Novo valor da Mola\*:**

{Digita-se então o novo valor da constante de mola na direção indicada anteriormente.}

A interação vai ser repetida continuamente até que seja respondido, à mensagem que indaga qual a direção que vai ter o valor da constante de mola alterado, **<RETURN>**.

**RESTRIC:** Este comando serve para definir ou alterar as restrições de um determinado apoio. A situação *default* é de restrição em todas as direções. Enquanto não for alterado, todos os apoios aplicados à estrutura desenhada terão as restrições aqui definidas. Para ativar o comando, deve-se proceder do seguinte modo:

- Digitar na região de comandos **RESTRIC**, ou através do menu de tela, selecionar a opção **APOIOS** e, em seguida selecionar a sub-opção **RESTRIC**.

- A seguinte interação é desenvolvida:

Command: **RESTRIC**

**AutoSALT - Versao 1.0 NOV/1991**

Restricoes nodais em cada direcao:

**LinX: 1 LinY: 1 LinZ: 1 RotX: 1 RotY: 1 RotZ: 1**

**Alterar (LinX,LinY,LinZ,RotX,RotY,RotZ):**

{ Deve-se aqui responder a uma das opções acima, referentes à direção em que vai ser definida a restrição. Ao ser definida a direção, a restrição é alterada automaticamente de 0 (livre) para 1 (restringido), ou vice-versa. }

A interação vai ser repetida continuamente até que seja respondido, à mensagem que indaga qual a direção que vai ter o valor da restrição alterado, **<RETURN>**.

**APOIOS:** Este comando serve para aplicar apoios no modelo estrutural desenhado. O apoio é aplicado com as direções restringidas no comando **RESTRIC** e com as constantes de mola definidas no comando **MOLAS**. Aqui duas situações podem ocorrer: o apoio vai ser aplicado em uma

estrutura contida no plano-xy (apoio PLANO) ou o apoio vai ser aplicado em uma estrutura tridimensional (apoio ESPACO). Para ativar o comando, deve-se proceder do seguinte modo:

- Digitar na região de comandos APOIOS ou, através do menu de tela, selecionar a opção APOIOS e, em seguida selecionar a sub-opção APOIOS.
- A seguinte interação vai ser desenvolvida:

**AutoSALT - Versao 1.0 NOV/1991**

**Constante de mola em cada direcao:**

**Mola1: 0.00 Mola2: 0.00 Mola3: 0.00**

**Mola4: 0.00 Mola5: 0.00 Mola6: 0.00**

{Apresenta as constantes de mola em cada direção do apoio que vai ser aplicado.}

**Restricoes nodais em cada direcao:**

**LinX: 1 LinY: 1 LinZ: 1 RotX: 1 RotY: 1 RotZ: 1**

**Alterar (LinX,LinY,LinZ,RotX,RotY,RotZ):**

{Apresenta as restrições em cada direção do apoio que vai ser aplicado.}

**Ponto de inserção do apoio:**

{ Deve-se aqui fornecer o nó onde o apoio vai ser aplicado. Se for fornecido um ponto que não é um nó, o apoio vai ser ignorado pelo tradutor.}

**Tipo de apoio (Plano/Espaco): <Plano>**

{ Aqui deve-se responder se o apoio está no PLANO ou no ESPACO, conforme explicações anteriores. Deve-se então, digitar PLANO, ESPACO ou apertar a tecla <ENTER> para responder à situação *default*.

**VERSEC:** Este comando apresenta na tela texto um quadro informando todos os tipos de seções, definidos através do comando EDTSEC, bem como as características geométricas de cada seção. Para retornar à tela gráfica, deve-se pressionar a tecla de função <F1> .

**EDTSEC:** Este comando serve para se definirem as características geométricas das seções utilizadas no modelo estrutural que está sendo desenhado. Este comando somente vai ser ativado se o modelo estrutural que está sendo desenhado é de um estrutura reticulada. Para ativar o comando, deve-se proceder do seguinte modo:

- Digitar na região de comandos EDTSEC ou, através do menu de tela, selecionar a opção SECAO e, em seguida selecionar a sub-opção EDTSEC.
- A seguinte interação vai ser desenvolvida:

**Command: EDTSEC**

**Arquivo com as propriedades das secoes: \*\*\*\*\*.SEC**

**Linhas a editar: {Responder \* ,<número> ou A }**

- Em seguida, deve-se digitar as propriedades da seção.

**AutoSALT: Editando os tipos de secoes**

**Secao No.: 1 :**

**Area X :**

**Area Y :**

**Area Z :**

**Inercia X :**

**Inercia Y :**

**Inercia Z :**

**Observacao :**

**VERMAT:** Este comando apresenta na tela texto um quadro informando todos os tipos de materiais, definidos através do comando EDTMAT, bem como as características físicas de cada material. Para retornar à tela gráfica, deve-se pressionar a tecla de função <F1> .

**EDTMAT:** Este comando serve para se definir as características físicas dos materiais utilizados no modelo estrutural que está sendo desenhado. Para ativar o comando deve-se proceder do seguinte modo:

- Digitar na região de comandos EDTMAT ou, através do menu de tela, selecionar a opção MATERIAL e, em seguida selecionar a sub-opção EDTMAT.

- A seguinte interação então vai ser desenvolvida:

Command: EDTMAT

Arquivo com as propriedades dos materiais : \*\*\*\*\*.MAT

Linhas a editar: {Responder \* ,<número> ou A }

- Em seguida deve-se digitar as propriedades do material, através da seguinte interação:

AutoSALT: Editando os tipos de materiais

Material No.: 1 :

MODULO DE ELASTICIDADE :

MODULO DE ELAST. TRANSVERSAL :

COEFICIENTE DE POISSON :

COEF. DILATAÇÃO TERMICA :

PESO ESPECIFICO :

OBSERVAÇÃO :



**VISTAS:** Este comando serve para se definir qual a vista que se quer ter do desenho do modelo estrutural. As seguintes opções são oferecidas: XY (Vista de topo), XZ (Vista de frente), YZ (Vista lateral) e ISO (Vista isométrica). Para ativar o comando, deve-se proceder do seguinte modo:

- Digitar na região de comandos VISTAS. Este comando não está disponível no menu de tela.
- A seguinte interação vai ser desenvolvida:

**Command: VISTAS**

**Escolha a vista (XY, XZ, YZ, ISO):**

{Deve-se então escolher a vista que se quer ter do desenho.}

- O desenho passa então a ser apresentado com a vista definida neste comando.

**XY:** Este comando é um caso particular do comando VISTAS. Ele serve para definir que o desenho do modelo estrutural vai passar a ser apresentado com a vista XY (vista de topo). Para ativar o comando deve-se proceder do seguinte modo:

- Digitar na região de comandos XY ou, a partir do menu de tela, selecionar a opção VISTAS e, em seguida selecionar a sub-opção XY.
- O comando é executado automaticamente e o desenho passa a ser representado através da vista XY.

**XZ:** Este comando é um caso particular do comando VISTAS. Ele serve para definir que o desenho do modelo estrutural vai passar a ser apresentado com a vista XZ (vista frontal). Para ativar o comando deve-se proceder do seguinte modo:

- Digitar na região de comandos XZ ou, a partir do menu de tela, selecionar a opção VISTAS e, em seguida selecionar a sub-opção XZ.
- O comando é executado automaticamente e o desenho passa a ser representado através da vista XZ.

**YZ:** Este comando é um caso particular do comando VISTAS. Ele serve para definir que o desenho do modelo estrutural vai passar a ser apresentado com a vista YZ (vista lateral). Para ativar o comando deve-se proceder do seguinte modo:

- Digitar na região de comandos YZ ou, a partir do menu de tela, selecionar a opção VISTAS e, em seguida selecionar a sub-opção YZ.
- O comando é executado automaticamente e o desenho passa a ser representado através da vista YZ.

**ISO:** Este comando é um caso particular do comando VISTAS. Ele serve para definir que o desenho do modelo estrutural vai passar a ser apresentado com a vista ISOMÉTRICA . Para ativar o comando deve-se proceder do seguinte modo:

- Digitar na região de comandos ISO ou, a partir do menu de tela, selecionar a opção VISTAS e, em seguida

selecionar a sub-opção ISO.

- O comando é executado automaticamente e o desenho passa a ser representado através da vista ISOMÉTRICA.

**ESCALAXY:** Este comando serve para definir o valor da escala que os desenhos dos blocos (carga concentrada, momento, apoios, ...) vão ser desenhados. O valor *default* é 1 (um). Este comando é importante para melhorar a apresentação do desenho do modelo estrutural. Se o usuário entender que o desenho do bloco está muito grande em relação ao desenho do modelo estrutural, deve então definir neste comando um valor menor que 1 (um) e, caso contrário deve definir um valor maior que 1 (um). Este comando somente é acessado através da região de comandos.

**ROTULA:** Este comando serve para introduzir articulações em barras dos modelos grelha, pórtico plano e pórtico espacial. Para utilizar este comando deve-se proceder do seguinte modo:

- Digitar na região de comandos APOIOS ou, através do menu de tela, selecionar a opção APOIOS e, em seguida selecionar a sub-opção ROTULA.

- A seguinte interação vai ser desenvolvida:

**AutoSALT - Versao 1.0 NOV/1991**

**Escolha a barra:**

**Direcoes livres:**

**EQP** : Este comando serve para se construir um único elemento do tipo EQP, que pode ser com quatro pontos nodais (bilinear) ou com oito pontos nodais (trilinear). O elemento bilinear pode ser utilizado para Estado Plano, e Placa, e o elemento trilinear pode ser utilizado para Sólidos. Este elemento possui os modos compatíveis. Para utilizar este comando deve-se proceder do seguinte modo:

- Digitar na região de comando EQP ou, através do menu de tela, seleccionar a opção ELEMENTOS, e em seguida seleccionar a sub-opção EQP.
- A seguinte interação vai ser desenvolvida:

**Command: EQP**

**Elemento PLANO ou SOLIDO:**

- Deve-se responder aqui PLANO para elemento com quatro pontos nodais (bilinear) e SOLIDO para elementos com 8 pontos nodais (trilinear).
- Se a resposta for SOLIDO, deve-se ainda informar a altura do elemento.

**Altura do elemento:**

Em seguida deve-se informar os quatro pontos nodais do elemento. Para se obter elementos triangulares deve-se fazer o quarto nó igual ao terceiro.

**Primeiro ponto:**

**Segundo ponto:**

**Terceiro ponto:**

**Quarto ponto:**

**EQS** : Este comando serve para se construir um único elemento do tipo EQS, que tem oito pontos nodais (quadrático) e sendo a solução do sistema de equações realizada com 3 pontos de integração. O elemento é utilizado em Estado Plano e Placa. Para utilizar este comando deve-se proceder do seguinte modo:

**Command: EQS**

Em seguida deve-se informar os quatro pontos nodais do elemento. Para se obter elementos triangulares deve-se fazer o quarto nó igual ao terceiro.

**Primeiro ponto:**

**Segundo ponto:**

**Terceiro ponto:**

**Quarto ponto:**

**EQR** : Este comando serve para se construir um único elemento do tipo EQR, que tem oito pontos nodais (quadrático) e sendo a solução do sistema de equações realizada com 2 pontos de integração. O elemento é utilizado em Estado Plano e Casca. Para utilizar este comando deve-se proceder do seguinte modo:

**Command: EQR**

Em seguida deve-se informar os quatro pontos nodais do elemento. Para se obter elementos triangulares deve-se fazer o quarto nó igual ao terceiro.

**Primeiro ponto:**

**Segundo ponto:**

**Terceiro ponto:**

**Quarto ponto:**

**EQT** : Este comando serve para se construir um único elemento do tipo EQT, que pode ser com quatro pontos nodais (bilinear) ou com oito pontos nodais (trilinear). O elemento bilinear pode ser utilizado para Estado Plano, e o elemento trilinear pode ser utilizado para Sólidos. Este elemento possui os modos incompatíveis. Para utilizar este comando deve-se proceder do seguinte modo:

- Digitar na região de comando EQT ou, através do menu de tela, seleccionar a opção ELEMENTOS, e em seguida seleccionar a sub-opção EQT.
- A seguinte interação vai ser desenvolvida:

**Command: EQT**

**Elemento PLANO ou SOLIDO:**

- Deve-se responder aqui PLANO para elemento com quatro pontos nodais (bilinear) e SOLIDO para elementos com 8 pontos nodais (trilinear).
- Se a resposta for SOLIDO, deve-se ainda informar a altura do elemento.

**Altura do elemento:**

Em seguida deve-se informar os quatro pontos nodais do elemento. Para se obter elementos triangulares deve-se fazer o quarto nó igual ao terceiro.

**Primeiro ponto:**

**Segundo ponto:**

**Terceiro ponto:**

**Quarto ponto:**

**EQPSURF** : Este comando serve para construir elementos do tipo EQP, em uma região definida obrigatoriamente por quatro lados. Estes lados podem ser linhas ou arcos, tanto no plano como no espaço. Para ativar este comando deve-se proceder do seguinte modo:

- Digitar na região de comando EQPSURF ou, através do menu de tela, selecionar a opção ELEMENTOS, e em seguida selecionar a sub-opção EQPSURF.
- A seguinte interação vai ser desenvolvida:

**Command: EQPSURF**

**Elemento PLANO ou SOLIDO:**

- Deve-se responder aqui PLANO para elemento com quatro pontos nodais (bilinear) e SOLIDO para elementos com 8 pontos nodais (trilinear).
- Se a resposta for SOLIDO, deve-se ainda informar a altura do elemento.

**Altura do elemento:**

- Em seguida deve-se escolher os quatro lados que vão definir a superfície onde vão ser gerados os elementos.

**Primeiro ponto:**

**Segundo ponto:**

**Terceiro ponto:**

**Quarto ponto:**

- Posteriormente, deve-se definir o número de elementos em cada direção.

**Numero de elementos na direcao X:**

**Numero de elementos na direcao Y:**

**EQSSURF** : Este comando serve para construir elementos do tipo EQS, em uma região definida obrigatoriamente por quatro lados. Estes lados podem ser linhas ou arcos, tanto no plano como no espaço. Para ativar este comando deve-se proceder do seguinte modo:

- Digitar na região de comando EQSSURF ou, através do menu de tela, selecionar a opção ELEMENTOS, e em seguida selecionar a sub-opção EQSSURF.
- A seguinte interação vai ser desenvolvida:

**Command: EQSSURF**

- Em seguida deve-se escolher os quatro lados que vão definir a superfície onde vão ser gerados os elementos.

**Primeiro ponto:**

**Segundo ponto:**

**Terceiro ponto:**

**Quarto ponto:**

- Posteriormente, deve-se definir o número de elementos em cada direção.

**Numero de elementos na direcao X:**

**Numero de elementos na direcao Y:**

**EQRSURF** : Este comando serve para construir elementos do tipo EQS, em uma região definida obrigatoriamente por quatro lados. Estes lados podem ser linhas ou arcos, tanto no plano como no espaço. Para ativar este comando deve-se proceder do seguinte modo:

- Digitar na região de comando EQRSURF ou, através do menu de tela, selecionar a opção ELEMENTOS, e em seguida selecionar a sub-opção EQRSURF.



- A seguinte interação vai ser desenvolvida:

**Command: EQRSURF**

- Em seguida deve-se escolher os quatro lados que vão definir a superfície onde vão ser gerados os elementos.

**Primeiro ponto:**

**Segundo ponto:**

**Terceiro ponto:**

**Quarto ponto:**

- Posteriormente, deve-se definir o número de elementos em cada direção.

**Numero de elementos na direcao X:**

**Numero de elementos na direcao Y:**

**EQTSURF** : Este comando serve para construir elementos do tipo EQT, em uma região definida obrigatoriamente por quatro lados. Estes lados podem ser linhas ou arcos, tanto no plano como no espaço. Para ativar este comando deve-se proceder do seguinte modo:

- Digitar na região de comando EQTSURF ou, através do menu de tela, selecionar a opção ELEMENTOS, e em seguida selecionar a sub-opção EQTSURF.
- A seguinte interação vai ser desenvolvida:

**Command: EQTSURF**

**Elemento PLANO ou SOLIDO:**

- Deve-se responder aqui PLANO para elemento com quatro pontos nodais (bilinear) e SOLIDO para elementos com 8 pontos nodais (trilinear).
- Se a resposta for SOLIDO, deve-se ainda informar a altura do elemento.

**Altura do elemento:**

- Em seguida deve-se escolher os quatro lados que vão definir a superfície onde vão ser gerados os elementos.

**Primeiro ponto:**

**Segundo ponto:**

**Terceiro ponto:**

**Quarto ponto:**

- Posteriormente, deve-se definir o número de elementos em cada direção.

**Numero de elementos na direcao X:**

**Numero de elementos na direcao Y:**

### B.5) CONSTRUÇÃO DE DESENHOS DE ESTRUTURAS RETICULADAS:

Este tópico apresenta exemplos de como se utiliza o AutoSALT para gerar arquivo de entrada de dados de estruturas reticuladas. É apresentado um exemplo de uma Grelha e de um Pórtico plano, devendo ser utilizado o mesmo princípio, na construção dos desenhos que representarão os outros tipos de estruturas reticuladas, não presentes neste exemplos (Treliça plana, Treliça espacial e Pórtico espacial).

Os exemplos a seguir partem do princípio que o usuário carregou o módulo AutoSALT, selecionou a opção do menu principal DESENHO , selecionou a sub-opção NOVO, e definiu o modelo estrutural do exemplo.

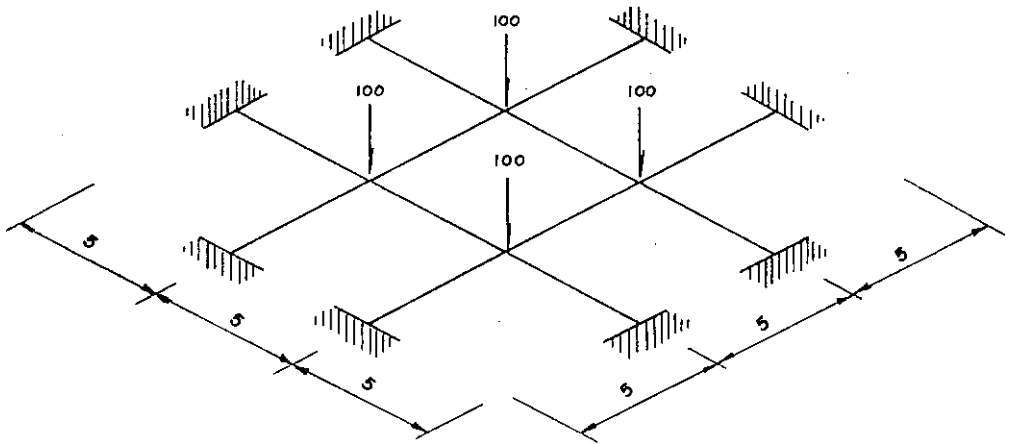
O desenho é então construído de acordo com roteiro apresentado em cada exemplo.

Para se construir desenhos de estruturas reticuladas deve-se utilizar as entidades de desenho do AutoCAD para a construção de linhas: LINE e 3DLINE.

Concluído o desenho, o controle do módulo retorna ao menu principal, devendo o usuário selecionar a opção INPUTFILE para que o arquivo de entrada de dados seja construído no formato do Sistema SALT.

## GRELHA

## MODELO ESTRUTURAL



## DESENHO GERADO NO AUTOCAD

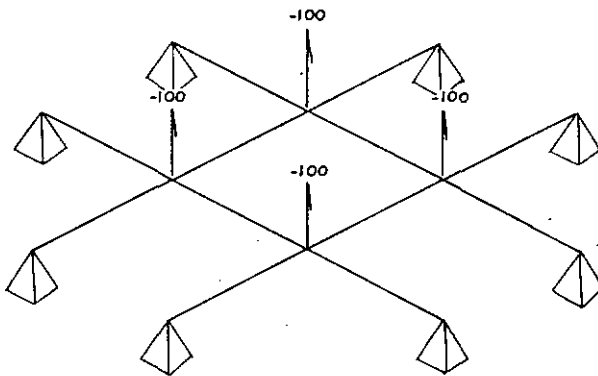


FIGURA B.5 - Desenho de uma Grelha

## ROTEIRO

COMMAND: COLOR

NEW ENTITIE COLOR <1 (RED)> : <RETURN>

COMMAND: LINE

FROM POINT: 0,5

TO POINT: 5,5

TO POINT: <RETURN>

COMMAND: ARRAY

SELECT OBJECTS: LAST

1 FOUND

SELECT OBJECTS: <RETURN>

RECTANGULAR OR POLAR ARRAY (R/P): R

NUMBER OF ROWS (---) <1>: 2

NUMBER OF COLUMNS (|||) <1>: 3

UNIT CELL OR DISTANCE BETWEEN ROWS (---): 5

DISTANCE BETWEEN COLUMNS (|||): 5

COMMAND: LINE

FROM POINT: 5,0

TO POINT: 5,5

TO POINT: <RETURN>

COMMAND: ARRAY

SELECT OBJECTS: LAST

1 FOUND

SELECT OBJECTS: <RETURN>

RECTANGULAR OR POLAR ARRAY (R/P): R

NUMBER OF ROWS (---) <1>: 3

NUMBER OF COLUMNS (|||) <1>: 2

UNIT CELL OR DISTANCE BETWEEN ROWS (---): 5

DISTANCE BETWEEN COLUMNS (|||): 5

**COMMAND: APOIOS**

AutoSALT - RSoares - Versao 1.0 - Dez/1991

Constantes de mola em cada direcao:

MOLA1:	0.0000	MOLA2:	0.0000	MOLA3:	0.0000
MOLA4:	0.0000	MOLA5:	0.0000	MOLA6:	0.0000

Restricoes em cada direcao:

LinX: 1 LinY: 1 LinZ: 1 RotX: 1 RotY: 1 RotZ: 1

Ponto de insercao do apoio: 5,0

Tipo de apoio (Plano/Espaco): <ESPACO>

**COMMAND: ARRAY**

SELECT OBJETS: LAST

1 FOUND

SELECT OBJETS: <RETURN>

RECTANGULAR OR POLAR ARRAY (R/P): R

NUMBER OF ROWS (---) <1>: 2

NUMBER OF COLUMNS (|||) <1>: 2

UNIT CELL OR DISTANCE BETWEEN ROWS (---): 15

DISTANCE BETWEEN COLUMNS (|||): 5

**COMMAND: APOIOS**

AutoSALT - RSoares - Versao 1.0 - Dez/1991

Constantes de mola em cada direcao:

MOLA1:	0.0000	MOLA2:	0.0000	MOLA3:	0.0000
MOLA4:	0.0000	MOLA5:	0.0000	MOLA6:	0.0000

Restricoes em cada direcao:

LinX: 1 LinY: 1 LinZ: 1 RotX: 1 RotY: 1 RotZ: 1

Ponto de insercao do apoio: 0,5

Tipo de apoio (Plano/Espaco): <ESPACO>

**COMMAND: ARRAY**

SELECT OBJETS: LAST

1 FOUND

SELECT OBJETS: <RETURN>

RECTANGULAR OR POLAR ARRAY (R/P):

NUMBER OF ROWS (---) <1>: 2

NUMBER OF COLUMNS (|||) <1>: 2

UNIT CELL OR DISTANCE BETWEEN ROWS (---): 5

DISTANCE BETWEEN COLUMNS (|||): 15

**COMMAND: CONCENT**

AutoSALT - RSoares - Versao 1.0 - Dez/1991

Tipo de carga (Plano/Espaco): <ESPACO> <RETURN>

No de aplicacao da carga: 5,5

Valor da carga: -100

**COMMAND: ARRAY**

SELECT OBJETS: LAST

1 FOUND

SELECT OBJETS: <RETURN>

RECTANGULAR OR POLAR ARRAY (R/P): R

NUMBER OF ROWS (---) <1>: 2

NUMBER OF COLUMNS (|||) <1>: 2

UNIT CELL OR DISTANCE BETWEEN ROWS (---): 5

DISTANCE BETWEEN COLUMNS (|||): 5

**COMMAND: PPROPRIO**

Peso Proprio - Componentes da aceleracao da gravidade

Gx/g : 0.000000 Gy/g : 0.000000 Gz/g : -1.000000

Considera o peso proprio da estrutura: <SIM> <RETURN>

Deseja alterar o valor das componentes: <SIM> NAO

**COMMAND: EDTSEC**

AutoSALT - RSoares - Versao 1.0 - Dez/1991

Arquivo com as propriedades das secoes: EXEM01.SEC

Linhas a editar: A

Obs: Deve-se responder: A => Para acrescentar secoes

\* => Editar todas as secoes

N => Onde "N" e o numero da  
secao a ser editada.

AutoSALT - Editando os tipos de secoes

Secao No: 1

Area X :

Area Y :

Area Z :

Inercia X :

Inercia Y :

Inercia Z :

Deseja continuar (S/N) ? : N

COMMAND: <F1>

COMMAND: END

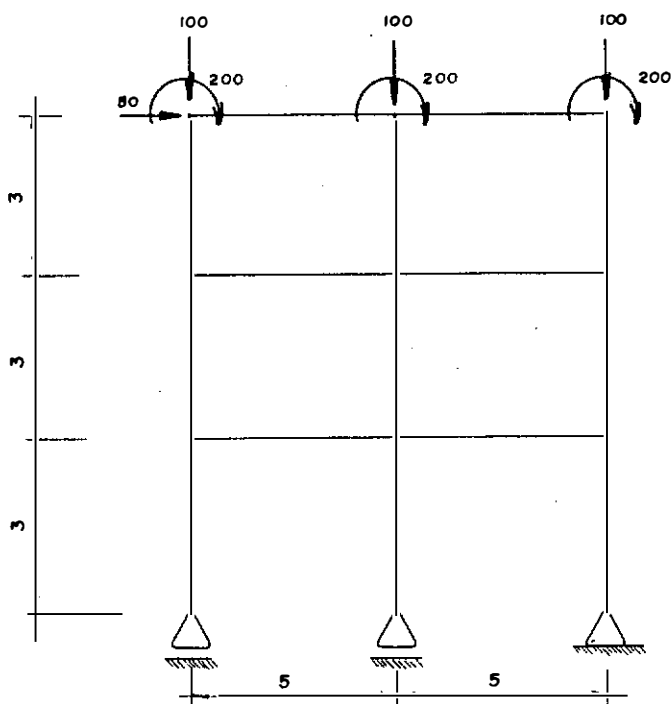
AutoSALT - RSoares - Versao 1.0 - Dez/1991

Saindo do AutoCAD ...



## PÓRTICO PLANO

## MODELO ESTRUTURAL



## DESENHO GERADO NO AUTOCAD

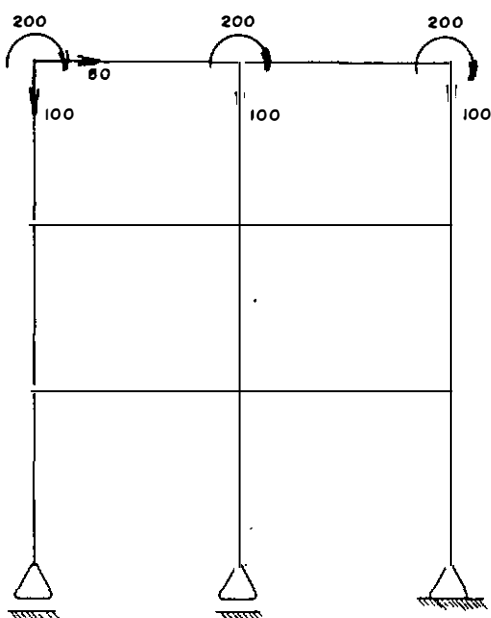


FIGURA B.6 - Desenho de um Pórtico Plano

## ROTEIRO

COMMAND: COLOR

NEW ENTITIE COLOR <1 (RED)> : <RETURN>

COMMAND: LINE

FROM POINT: 0,0

TO POINT: 0,3

TO POINT: <RETURN>

COMMAND: ARRAY

SELECT OBJETS: LAST

1 FOUND

SELECT OBJETS: <RETURN>

RECTANGULAR OR POLAR ARRAY (R/P): R

NUMBER OF ROWS (---) <1>: 3

NUMBER OF COLUMNS (|||) <1>: 3

UNIT CELL OR DISTANCE BETWEEN ROWS (---): 3

DISTANCE BETWEEN COLUMNS (|||): 5

COMMAND: COLOR

NEW ENTITIE COLOR <1 (RED)> : 2

COMMAND: LINE

FROM POINT: 0,3

TO POINT: 5,3

TO POINT: <RETURN>

COMMAND: ARRAY

SELECT OBJETS: LAST

1 FOUND

SELECT OBJETS: <RETURN>

RECTANGULAR OR POLAR ARRAY (R/P): R

NUMBER OF ROWS (---) <1>: 3

NUMBER OF COLUMNS (|||) <1>: 2

UNIT CELL OR DISTANCE BETWEEN ROWS (---): 3

DISTANCE BETWEEN COLUMNS (|||): 5

**COMMAND: RESTRIC**

AutoSALT - RSoares - Versao 1.0 - Dez/1991

Restricoes em cada direcao:

LinX: 1 LinY: 1 LinZ: 1 RotX: 1 RotY: 1 RotZ: 1

Alterar (LinX,LinY,LinZ,RotX,RotY,RotZ) : LinX

Restricoes em cada direcao:

LinX: 0 LinY: 1 LinZ: 1 RotX: 1 RotY: 1 RotZ: 1

Alterar (LinX,LinY,LinZ,RotX,RotY,RotZ) : RotZ

Restricoes em cada direcao:

LinX: 0 LinY: 1 LinZ: 1 RotX: 1 RotY: 1 RotZ: 0

Aleterar (LinX,LinY,LinZ,RotX,RotY,RotZ) : <RETURN>

**COMMAND: APOIOS**

AutoSALT - RSoares - Versao 1.0 - Dez/1991

Constantes de mola em cada direcao:

MOLA1: 0.0000 MOLA2: 0.0000 MOLA3: 0.0000

MOLA4: 0.0000 MOLA5: 0.0000 MOLA6: 0.0000

Restricoes em cada direcao:

LinX: 0 LinY: 1 LinZ: 1 RotX: 1 RotY: 1 RotZ: 0

Ponto de insercao do apoio: 0,0

Tipo de apoio (Plano/Espaco): <ESPACO> PLANO

**COMMAND: APOIOS**

AutoSALT - RSoares - Versao 1.0 - Dez/1991

Constantes de mola em cada direcao:

MOLA1: 0.0000 MOLA2: 0.0000 MOLA3: 0.0000

MOLA4: 0.0000 MOLA5: 0.0000 MOLA6: 0.0000

Restricoes em cada direcao:

LinX: 0 LinY: 1 LinZ: 1 RotX: 1 RotY: 1 RotZ: 0

Ponto de insercao do apoio: 5,0

Tipo de apoio (Plano/Espaco): <PLANO>

**COMMAND: RESTRIC**

AutoSALT - RSoares - Versao 1.0 - Dez/1991

Restricoes em cada direcao:

LinX: 1 LinY: 0 LinZ: 1 RotX: 1 RotY: 1 RotZ: 0

Alterar (LinX,LinY,LinZ,RotX,RotY,RotZ) : LinX

Restricoes em cada direcao:

LinX: 1 LinY: 1 LinZ: 1 RotX: 1 RotY: 1 RotZ: 0

Alterar (LinX,LinY,LinZ,RotX,RotY,RotZ) : <RETURN>

COMMAND: APOIOS

AutoSALT - RSoares - Versao 1.0 - Dez/1991

Constantes de mola em cada direcao:

MOLA1:	0.0000	MOLA2:	0.0000	MOLA3:	0.0000
MOLA4:	0.0000	MOLA5:	0.0000	MOLA6:	0.0000

Restricoes em cada direcao:

LinX: 1 LinY: 1 LinZ: 1 RotX: 1 RotY: 1 RotZ: 0

Ponto de insercao do apoio: 0,0

Tipo de apoio (Plano/Espaco): <PLANO>

COMMAND: PPROPRIO

Peso Proprio - Componentes da aceleracao da gravidade

Gx/g : 0.000000 Gy/g : 0.000000 Gz/g : -1.000000

Considera o peso proprio da estrutura: <SIM> <RETURN>

Deseja alterar o valor das componentes: <SIM> <RETURN>

Peso Proprio - Componentes da aceleracao da gravidade

Gx/g : 0.000000 Gy/g : -1.000000 Gz/g : 0.000000

COMMAND: CONCENT

AutoSALT - RSoares - Versao 1.0 - Dez/1991

Tipo de carga (Plano/Espaco): <PLANO>

Angulo da carga com o eixo-x : 0

No de aplicacao da carga: 0,9

Valor da carga: 50

COMMAND: CONCENT

AutoSALT - RSoares - Versao 1.0 - Dez/1991

Tipo de carga (Plano/Espaco): <PLANO> <RETURN>

Angulo da carga com o eixo-x : 270

No de aplicacao da carga: 0,9

Valor da carga: 100

COMMAND: ARRAY

SELECT OBJETS: LAST

1 FOUND

SELECT OBJETS: <RETURN>

RECTANGULAR OR POLAR ARRAY (R/P): R

NUMBER OF ROWS (---) <1>: <RETURN>

NUMBER OF COLUMNS (|||) <1>: 3

DISTANCE BETWEEN COLUMNS (|||): 5

COMMAND: EDTSEC

AutoSALT - RSoares - Versao 1.0 - Dez/1991

Arquivo com as propriedades das secoes: EXEM01.SEC

Linhas a editar: A

Obs: Deve-se responder:   A => Para acrescentar secoes  
                               \* => Editar todas as secoes  
                               N => Onde "N" e o numero da  
                                       secao a ser editada.

AutoSALT - Editando os tipos de secoes

Secao No: 1

Area X :

Area Y :

Area Z :

Inercia X :

Inercia Y :

Inercia Z :

Deseja continuar (S/N) ? : S

AutoSALT - Editando os tipos de secoes

Secao No: 2

Area X :

Area Y :

Area Z :

Inercia X :

Inercia Y :

Inercia Z :

Deseja continuar (S/N) ? : N

COMMAND: <F1>

COMMAND: MOMENTO

AutoSALT - RSoares - Versao 1.0 - Dez/1991

Tipo de carga (Plano/Espaco): <PLANO> <RETURN>

No de aplicacao da carga: 0,9

Valor da carga: 200

COMMAND: ARRAY

SELECT OBJETS: LAST

1 FOUND

SELECT OBJETS: <RETURN>

RECTANGULAR OR POLAR ARRAY (R/P): R

NUMBER OF ROWS (---) <1>: <RETURN>

NUMBER OF COLUMNS (|||) <1>: 3

DISTANCE BETWEEN COLUMNS (|||): 5

COMMAND: END

AutoSALT - RSoares - Versao 1.0 - Dez/1991

Saindo do AutoCAD ...

## B.6) CONSTRUÇÃO DE DESENHOS DE ESTRUTURAS CONTÍNUAS:

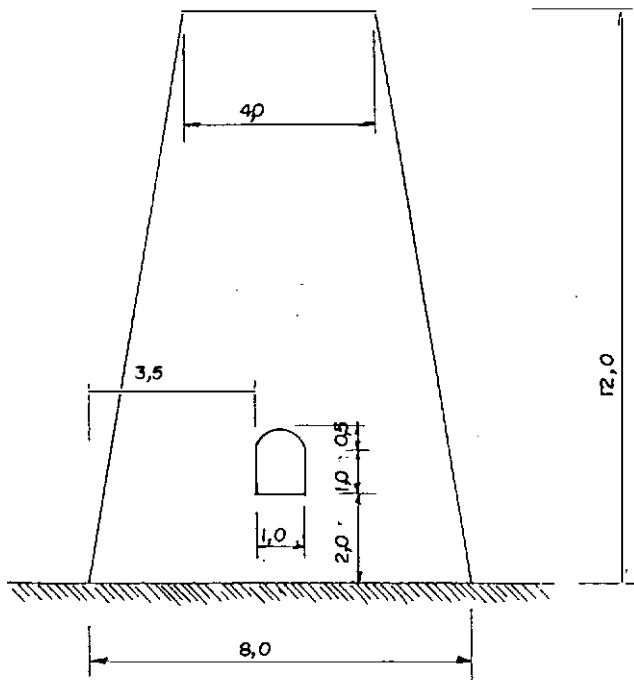
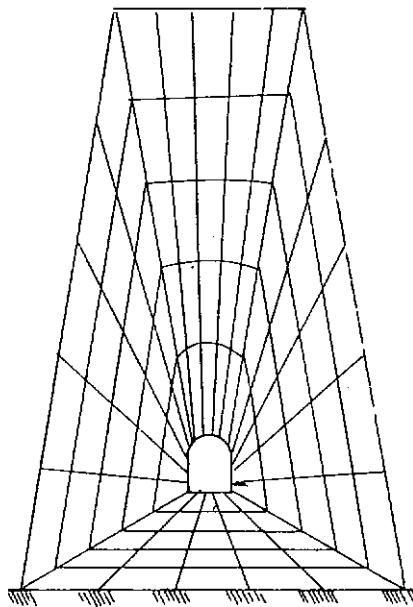
Este tópico apresenta exemplo de como se utiliza o AutoSALT para gerar arquivo de entrada de dados de estruturas contínuas. É apresentado um exemplo de Estado Plano de Deformações, devendo ser utilizado o mesmo princípio, na construção de desenhos que representarão os outros tipos de estruturas contínuas , não presentes neste exemplo (Estado plano de tensões, Placa, Sólido e Casca).

O exemplo a seguir parte do princípio que o usuário carregou o módulo AutoSALT, selecionou a opção do menu principal DESENHO , selecionou a sub-opção NOVO, e definiu o modelo estrutural do exemplo.

O desenho é então construído de acordo com roteiro apresentado em cada exemplo.

Para se construir desenhos de estruturas contínuas deve-se, de uma modo geral, utilizar os comandos EQPSURF ou EQSSURF ou EQRSURF ou EQTSURF, de acordo com o modelo estrutural e o tipo de elemento finito desejado.

Concluído o desenho, o controle do módulo retorna ao menu principal, devendo o usuário selecionar a opção INPUTFILE para que o arquivo de entrada de dados seja construído no formato do Sistema SALT.

**MODELO ESTRUTURAL****DESENHO GERADO NO AUTOCAD**

100 elementos EQP

FIGURA B.6 - Desenho da seção transversal de uma barragem



## ROTEIRO

COMMAND: LINE

FROM POINT: 0,0

TO POINT: 3.5,2

TO POINT: 4.5,2

TO POINT: 8,0

TO POINT: 0,0

TO POINT: <RETURN>

COMMAND: EQPSURF

Tipo de elemento (PLANO/ESPACO): PLANO

Escolha o 1o. elemento: <seleciona a primeira entidade>

Escolha o 2o. elemento: <seleciona a segunda entidade>

Escolha o 3o. elemento: <seleciona a terceira entidade>

Escolha o 4o. elemento: <seleciona a quarta entidade>

Numero de divisoes na direcao X: 5

Numero de divisoes na direcao Y: 5

COMMAND: LINE

FROM POINT: 0,0

TO POINT: 3.5,2

TO POINT: 3.5,3

TO POINT: 2,12

TO POINT: 0,0

TO POINT: <RETURN>

COMMAND: EQPSURF

Tipo de elemento (PLANO/ESPACO): PLANO

Escolha o 1o. elemento: <seleciona a primeira entidade>

Escolha o 2o. elemento: <seleciona a segunda entidade>

Escolha o 3o. elemento: <seleciona a terceira entidade>

Escolha o 4o. elemento: <seleciona a quarta entidade>

Numero de divisoes na direcao X: 5

Numero de divisoes na direcao Y: 5

COMMAND: LINE

FROM POINT: 8,0

TO POINT: 4.5,2

TO POINT: 4.5,3

TO POINT: 6,12

TO POINT: 8,0

TO POINT: <RETURN>

COMMAND: EQPSURF

Tipo de elemento (PLANO/ESPACO): PLANO

Escolha o 1o. elemento: <seleciona a primeira entidade>

Escolha o 2o. elemento: <seleciona a segunda entidade>

Escolha o 3o. elemento: <seleciona a terceira entidade>

Escolha o 4o. elemento: <seleciona a quarta entidade>

Numero de divisoes na direcao X: 5

Numero de divisoes na direcao Y: 5

COMMAND: LINE

FROM POINT: 3.5,3

TO POINT: 2,12

TO POINT: 6,12

TO POINT: 4.5,3

TO POINT: <RETURN>

COMMAND: ARC

Center/<Start Point>: 4.5,3

Center/End/<Second Point>: 4,3.5

End Point: 3.5,3

COMMAND: EQPSURF

Tipo de elemento (PLANO/ESPACO): PLANO

Escolha o 1o. elemento: <seleciona a primeira entidade>

Escolha o 2o. elemento: <seleciona a segunda entidade>

Escolha o 3o. elemento: <seleciona a terceira entidade>

Escolha o 4o. elemento: <seleciona a quarta entidade>

Numero de divisoes na direcao X: 5

Numero de divisoes na direcao Y: 5

COMMAND: **APOIOS**

AutoSALT - RSoares - Versao 1.0 - Dez/1991

Constantes de mola em cada direcao:

MOLA1: 0.0000	MOLA2: 0.0000	MOLA3: 0.0000
MOLA4: 0.0000	MOLA5: 0.0000	MOLA6: 0.0000

Restricoes em cada direcao:

LinX: 1 LinY: 1 LinZ: 1 RotX: 1 RotY: 1 RotZ: 1

Ponto de insercao do apoio: 0,0

Tipo de apoio (Plano/Espaco): <ESPACO> **PLANO**

COMMAND: **ARRAY**

SELECT OBJETS: **LAST**

1 FOUND

SELECT OBJETS: **<RETURN>**

RECTANGULAR OR POLAR ARRAY (R/P):

NUMBER OF ROWS (---) <1>: **<RETURN>**

NUMBER OF COLUMNS (|||) <1>: **6**

DISTANCE BETWEEN COLUMNS (|||): **1.6**

COMMAND: **END**

AutoSALT - RSoares - Versao 1.0 - Dez/1991

Saindo do AutoCAD ...

## BIBLIOGRAFIA

- [1] AUTODESK INC., AutoCAD Reference Manual - Release 10.
- [2] CENSI, ALEXANDRE L. C. , AutoCAD - Guia Prático,  
Editora Érica, 1989.
- [3] THOMAS, ROBERT M. , Técnicas Avançadas em AutoCAD,  
Editora Ciência Moderna, 1989.
- [4] FILGUEIRAS, LUCIA VILELA LEITE, Fundamentos de  
Computação Gráfica, LTC Editora, 1987.
- [5] AUTODESK INC., AutoLISP Release 10 - Programmer's  
Reference.
- [6] FREITAS, CINTHIA OBLADEN DE ALMENDRA & SCHEER,  
SÉRGIO, "Utilização de Arquivos de Desenhos em  
Formato Neutro Intercambiáveis", XI Congresso Íbero  
Latino Americano sobre Métodos Computacionais para  
Engenharia, Itaipava - RJ, 1990.
- [7] SORIANO, H.L., Análise de Estruturas Reticuladas em  
Computadores de Pequeno Porte, Escola de Engenharia,  
UFRJ, 1983.

- [8] BATHE, K. J., Finite Element Procedures in Engineering Analysis, Prentice Hall, New York, 1982.
- [9] SORIANO, H.L., "Notas de Aula do Curso de Técnicas Computacionais em Análise Estrutural III", Programa de Engenharia Civil, COPPE/UFRJ, 1989.
- [10] SORIANO, H.L., LIMA, S.S., Análise de Estruturas, VOL.II- Introdução ao Método dos Elementos Finitos, em fase de publicação pela UFRJ.
- [11] SORIANO, H.L. & CARVALHO, S.R.F., "Técnicas de Estruturação de Dados com a Linguagem Pascal na Análise Estrutural", VII Congresso Latino-Americano de Métodos Computacionais em Engenharia, São Carlos, SP, 1986.
- [12] GERE, J.M. & WEAVER, W., Análise de Estruturas Reticuladas, Editora Guanabara, Rio de Janeiro, 1981.
- [13] WEAVER, W. & JOHNSTON., P.R., Finite Elements for Structural Analysis, Prentice Hall, New York, 1984.
- [14] "MANUAL DO SISTEMA SALT", Escola de Engenharia da UFRJ, 1992

- [15] HERGERT, D., Dominando o Turbo Pascal 5, Editora Ciência Moderna, 1989.
  
- [16] "TURBO PASCAL VERSION 5.5 REFERENCE MANUAL", Borland International INC., 1989.